



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

NÁVRH ŘEŠENÍ INSTALACE SOLÁRNÍCH PANELŮ NA FIREMNÍM OBJEKTU

SOLUTION PROPOSAL OF SOLAR PANEL INSTALATION ON THE SELECTED COMPANY
BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Vejchoda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Vyroubal, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

| | |
|-------------------|---------------------------------------|
| Ústav: | Ústav managementu |
| Student: | Martin Vejchoda |
| Studijní program: | Procesní management |
| Studijní obor: | bez specializace |
| Vedoucí práce: | doc. Ing. Petr Vyroubal, Ph.D. |
| Akademický rok: | 2020/21 |

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

Návrh řešení instalace solárních panelů na firemním objektu

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Cíle práce, metody a postupy zpracování
Teoretická východiska práce
Analýza současného stavu
Vlastní návrhy řešení
Závěr
Seznam použité literatury
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Cílem práce je vypracovat návrh řešení fotovoltaického systému na malém firemním objektu v kombinaci s tepelným čerpadlem, včetně ekonomického zhodnocení návratnosti finančních prostředků.

Základní literární prameny:

BERANOVSKÝ, Jiří, Karel MURTINGER a Milan TOMEŠ. Fotovoltaika. Elektřina ze slunce. Brno: ERA, 2007. ISBN: 978-80-7366-133-5.

HASELHUHN, Ralf. Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2011, 176 s. ISBN 978-80-86167-33-6.

JORDÁN, Milan a Filip CHLACHULA. Instalace fotovoltaických panelů na šikmou střechu [online]. 21. září 2009. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strecha/instalace-fotovoltaicky-h-paneluna-sikmou-strechu>.

MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA. Obnovitelné zdroje elektrické energie [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.

ŘEHÁK, Jaromír, Jiří BÁRTEK a Radim BAŘINKA. Fotovoltaika a fotovoltaické systémy v podmínkách ČR a jejich navrhování [online]. Praha 2. Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/dokument/98_8050.pdf.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně dne 28.2.2021

L. S.

doc. Ing. Robert Zich, Ph.D.
ředitel

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na zpracování návrhu fotovoltaické elektrárny na firemní objekt. Práce obsahuje teoretickou část, kde popíšu jednotlivé pojmy, které se zaměřením práce souvisí. V praktické části si ukážeme návrh zpracování a konečné výsledky při instalaci projektu.

Klíčová slova

Fotovoltaika, FV panely, fotovoltaický systém, sluneční záření, ekonomické zhodnocení, elektrická energie

Abstract

This bachelor project focuses on the design of photovoltaic power plants for a company. The thesis contains a theoretical part. Where i describe the individual concepts that focus on related work. In the practical part I will show you the design of photovoltaic power plant and the final results of the project installation.

Keywords

Photovoltaics, PV panels, photovoltaic system, solar radiation, economic evalutaion, electric energy

Bibliografické citace práce

VEJCHODA, Martin. *Návrh řešení instalace solárních panelů na firemním objektu*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/134476>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Petr Vyroubal.

Citace elektronického zdroje

VEJCHODA, Martin. *Návrh řešení instalace solárních panelů na firemním objektu* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/134476>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Petr Vyroubal.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 1. května 2021

.....

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Petr Vyroubalovi, Ph.D., za jeho rady při vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě Renerga s.r.o. za spolupráci na projektu.

Obsah

| | |
|--|----|
| BRNO 2021 doc. Ing. Petr Vyroubal, Ph.D. | 1 |
| Úvod | 1 |
| 1 Solární energie | 2 |
| 1.1 Solární energie na území ČR | 2 |
| 1.2 Parametry energie slunečního záření | 3 |
| 1.3 Možnosti získávání sluneční energie | 5 |
| 1.4 Možnosti využití sluneční energie | 6 |
| 1.4.1 Solární architektura | 7 |
| 1.4.2 Fototermická přeměna | 8 |
| 1.4.3 Solární tepelná elektrárna | 11 |
| 1.4.4 Fotovoltaická přeměna | 12 |
| 1.4.5 Technologie fotovoltaických článků | 14 |
| 1.4.6 Termografie | 20 |
| 1.4.7 Nejběžnější poruchy FVE | 22 |
| 2 Lokace a struktura firemního objektu | 24 |
| 2.1 Cíle bakalářské práce | 24 |
| 2.2 Základní parametry a data návrhu | 24 |
| 2.3 Grafické vyobrazení a rozměry jižní části střechy | 27 |
| 3 Návrh FVE | 30 |
| 3.1 Komponenty FVE | 31 |
| 3.1.1 Měnič napětí | 34 |
| 3.1.2 Regulátor optimalizace spotřeby | 35 |
| 3.1.3 Hliníková konstrukce pro FV panely na šikmou střechu | 37 |
| 4 Odhad vyrobené sluneční energie | 38 |
| 4.1.1 Energetické potřeby rodinného domu | 41 |
| 4.1.2 Pořizovací náklady | 42 |
| 4.2 Způsob zapojení | 44 |
| 5 Ekonomické vyhodnocení | 45 |
| Závěr | 49 |
| Použité zdroje | 50 |
| Seznam použitých obrázků | 55 |
| Seznam použitých tabulek | 56 |
| Seznam použitých grafů | 57 |
| Přílohy | 58 |

Úvod

Obnovitelné zdroje jsou stále rozšířenější ve světě z důvodu rizika vyčerpání fosilních paliv a také z hlediska životního prostředí. Ve světě je otázka životního prostředí stále častějším tématem a důvod je takový, že obnovitelné zdroje energie jsou oproti těm neobnovitelným velice šetrné k přírodě a v určitých oblastech už zastupují větší část výroby elektřiny.

V této bakalářské práci bude řešen návrh fotovoltaické elektrárny na firemní objekt. První část bude teoretická a bude se zabývat sluneční energií, jejími možnostmi využití a způsobem jakým ji získáváme. V druhé části, která bude praktická, se budeme zabývat cílem praktické části a následným vyobrazením fotovoltaické elektrárny na firemním objektu včetně všech potřebných parametrů a komponentů použitých v elektrárně. Poslední část práce bude zahrnovat ekonomickou stránku projektu, příjmy za rok a za jak dlouho se nám investice vrátí a bude výdělečná.

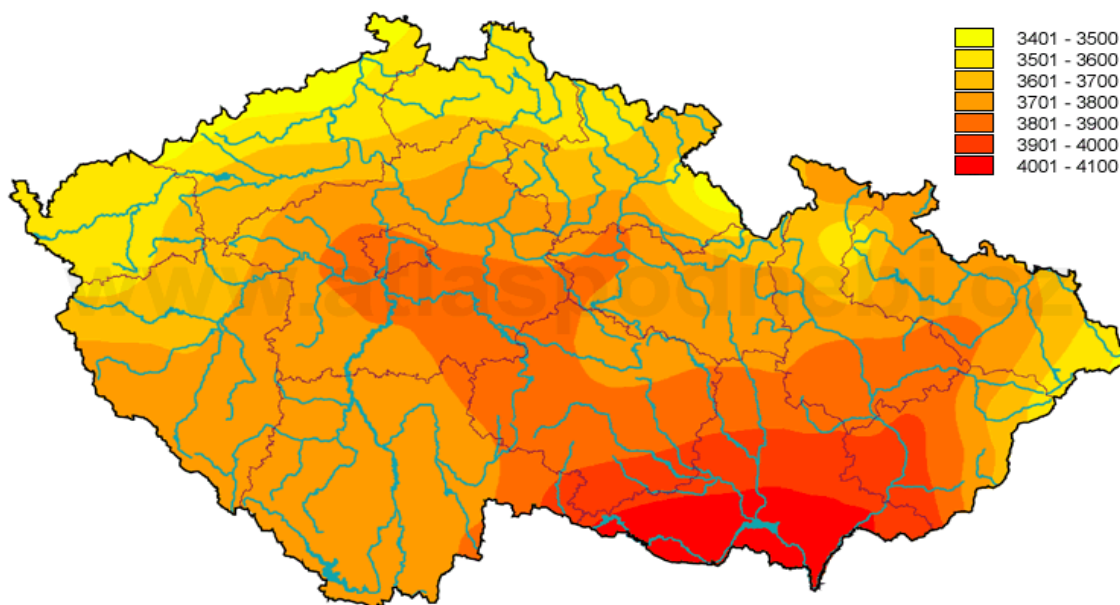
1 Solární energie

Poslední dobou se hodně mluví a diskutuje na téma solární energie. V tomto roce se celková pořizovací cena panelů pohybuje směrem dolů a samotná účinnost fotovoltaických panelů roste. Poslední dobou se ve světě více a více řeší téma obnovitelných zdrojů a celkově se více a více dbá na vyšší ekologii na planetě. Energie ze slunce je jedna z nejlépe využitelných náhrad za fosilní paliva. Čím dál tím více také můžeme vidět, že se fotovoltaické elektrárny používají na firemních objektech a rodinných stavbách. [1]

1.1 Solární energie na území ČR

„Zeměpisné podmínky hrají velkou roli na celkové využití solární energie. V České republice dopadne každý rok na zem přibližně 950 až 1 340 kilowatthodin (kWh) sluneční energie na metr čtvereční. Průměrně v ČR svítí slunce 1 330 až 1 800 hodin za rok“ [1].

Když se podíváme na mapu viz. Obr.1. Můžeme si všimnout, že nejlepší území pro fotovoltaické elektrárny se nachází na jižní Moravě a nejhorší lokace můžeme nalézt na severu Čech. Později si však řekneme, že velkou roli hraje i roční období a podmínky pro danou lokaci [1].



Obrázek 1 - Sluneční záření v ČR

(Zdroj: 15)

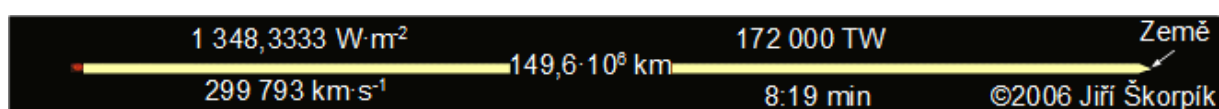
1.2 Parametry energie slunečního záření

„Slunce lze považovat za černé těleso, což podle Planckova vyzařovacího zákona znamená, že září v rozsahu vlnových délek odpovídající teplotě povrchu Slunce 5 770 K. Více jak polovina veškeré vyzařované energie je v oblasti viditelného spektra, které se nazývá světlem, viz spektrální zářivost černého tělesa a Slunce“ [2].

Slunce vyzařuje energie, ve které probíhá jaderná syntéza izotopů deuteria a tritia, z tohoto nadále vznikají jádra hélia a všechna tato energie se uvolňuje z jádra slunce. Energie se následně uvolňuje převážně krátkovlnným zářením gamma doprovázeného kinetickou energií. [2,3].

„Tato energie se na povrch Slunce dostává částečně vedením a v blízkosti povrchu konvekcí. Přitom dochází k rozptýlení, k pohlcení a znovu vyzaření energie tak, že na povrchu Slunce už je vyzařována energie v mnohem širším spektru záření než gamma záření. Doba, za kterou se energie z jádra dostane na povrch Slunce je přibližně 2 000 000 let“ [2].

Konstanta ($1\,367\text{ W/m}^2$) a průměr Země ($12\,576\text{ km}$) určují dopadající sluneční energii na povrch Země. Výkon, který slunce vyzařuje je $3,8 \times 10^{23}\text{ kW}$ a pouze zlomek zářivého toku se dostane na povrch. Tento zlomek činí $1,8 \times 10^{14}\text{ kW}$. Konstanta Slunce se stanovila jako průměrná hodnota z důvodu toho, že vzdálenost mezi Zemí a Sluncem není stejná, ale proměnná [2].



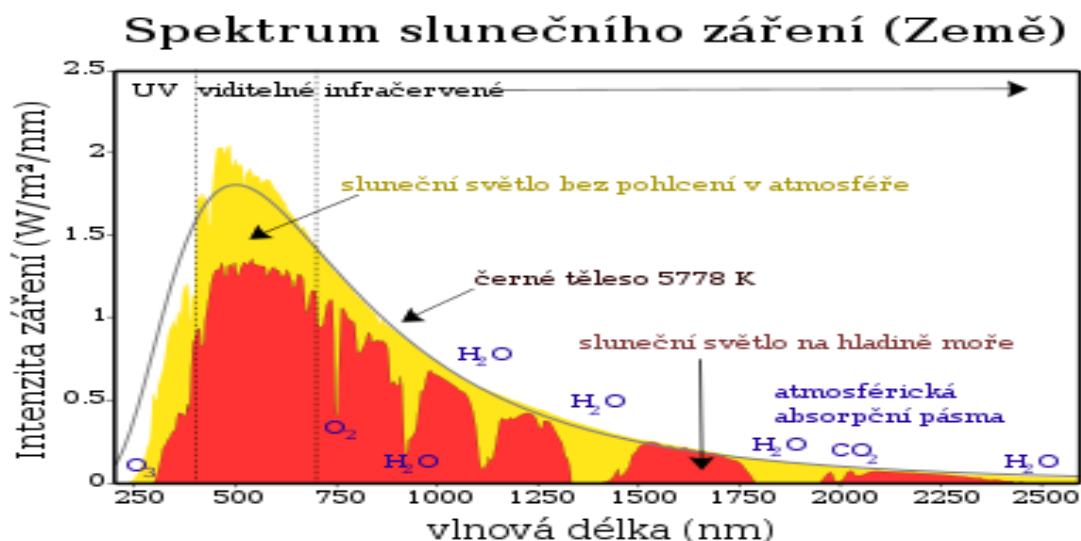
Obrázek 2 - Parametry zahrnující Slunce a Zemi

(Zdroj: 2)

Z obrázku je patrné, že vzdálenost mezi Zemí a Sluncem je $149,6 \times 10^6\text{ km}$. Číslo $1\,367\text{ W/m}^2$ značí sluneční konstantu, číslo $299\,793\text{ km/s}$ představuje rychlost světla ve vakuu a

lehce přes 8 minut trvá slunečnímu záření dorazit na Zemi. 172 000 TW je výkon záření, které dopadá na hranici atmosféry [2,3].

„Intenzita slunečního záření na povrchu Země je definovaná jako množství sluneční energie v W dopadající na m^2 “ [2]. Samotná intenzita je však závislá na zeměpisné šířce a na tom, jaká je oblačnost na určitém místě. Jsou dvě intenzity slunečního záření, a to přímá a difúzní. Pokud chceme znát výslednou intenzitu, musíme tyto dvě hodnoty sečíst. Definice přímého slunečního záření je taková, že když prochází atmosférou, tak není odraženo ani pohlceno. Je opět vyzářeno a následně přímo dopadá od Slunce směrem k zemskému povrchu. Záření, které se odráží od kousků obsažených v atmosféře a mění díky tomu směr neboli rozptyl slunečního záření nazýváme difúzní sluneční záření. Délka difúzního záření se po celou dobu nemění. Zajímavostí je to, že pokud by na obloze byly všude mraky, tak by na povrch dopadalo pouze záření difúzní. Díky tomuto záření má obloha modrou barvu, díky které se lépe rozptyluje viditelné spektrum. Pokud bychom však neměli v atmosféře atmosférické plyny, obloha by vypadala zcela jinak. Naskytl by se nám pohled na oblohu plnou hvězd a černého zbarvení s velice jasným slunečním diskem. Tento výhled by se podobal výhledu, který mohou spatřit lidé ve vesmíru (kosmonauti). Odražené sluneční záření se na zemském povrchu odráží od všech možných objektů a uvažuje se společně s difúzním zářením [2,3].



Obrázek 3 – Spektrum slunečního záření

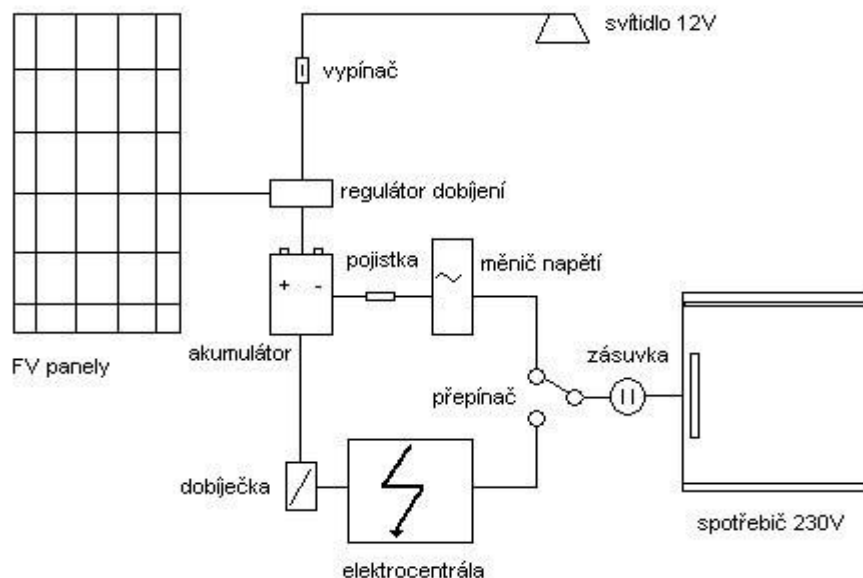
(Zdroj: 2)

Na obrázku 3. se můžeme podívat, jak se spektrum slunečního záření shoduje se spektrem černého tělesa. Toto těleso je vhodné k pohlcení záření různých vlnových délek, které dopadají na jeho povrch. Teplota na povrchu je závislá na samotné charakteristice vyzařování daného tělesa [4].

1.3 Možnosti získávání sluneční energie

Mohli jsme vidět na obrázku 1, že nejvíce energie dopadá na jižní území . Jedná se hlavně o oblast Jižní Moravy kde se jedná o hodnotu 1250kWh/m². Získávání sluneční energie rozlišujeme na dva druhy. Na přímou a nepřímou přeměnu sluneční energii. Následně podle toho rozlišujeme pojmy fotovoltaická přeměna a fototermická přeměna. Energie, která se mění pomocí fotovoltaických panelů se nazývá Fotovoltaická přeměna a pokud chceme získat ze sluneční energie teplo, které pak můžeme využít pro ohřev vody a výrobě elektřiny, využijeme přeměny fototermické [3].

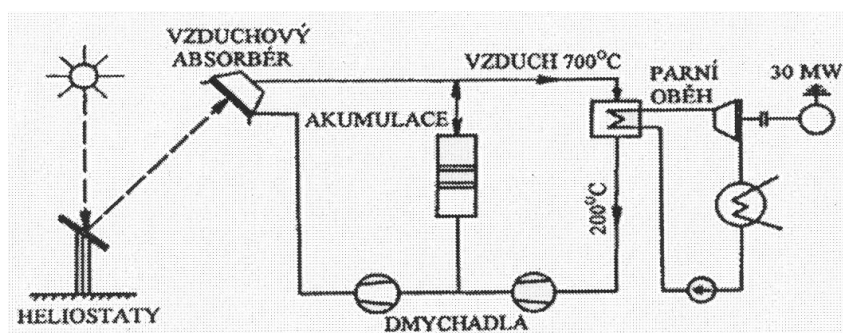
Přímá metoda je založena principu fotovoltaického jevu, během kterého dochází vzájemnému působení vybrané látky sloužící k pohlcení fotonů a uvolnění elektronů a záření. Poté vznikne elektrický náboj v polovodiči, který je odváděn pryč ve formě elektrické energie. Odváděn je většinou ze solárního článku do spotřebiče [3].



Obrázek 4 – Přímá metoda

(Zdroj: 29)

Nepřímá metoda využívá sluneční sběrače k získávání chtěného tepla. Ve středu jsou umístěny absorbery a termočlánky. Horkou páru získáme pomocí výměníku oleje obsaženém v absorberu a ta následně slouží jako pohon pro turbíny. Turbíny následně pohání generátor a tím vzniká výroba elektrické energie. Přeměna tepla na elektrickou energii je dosažena pomocí Seebeckova jevu probíhající v termočláncu [3].



Obrázek 5 – Nepřímá metoda

(Zdroj: 15)

1.4 Možnosti využití sluneční energie

Sluneční energii lze využít opět dvěma způsoby jako to bylo u získávání. Tyto dva způsoby se nazývají aktivní a pasivní využití. Pasivní využití slouží k využití sluneční

energie bez potřeby slunečního kolektoru. Jako dobrý příklad pasivního využití sluneční energie je typická česká stavba na zahradě, např. skleník [5] [6].

Naopak aktivní využití solární energie je v České republice vysoce rozšířeno a jedná se o využívání sluneční energie pomocí fotovoltaických článků, solárních kolektorů a podobně. Stále se však jedná o nelevnou investici, a ne každý si ji může skrze dlouhou návratnost dovolit [5] [6].

Máme dva různé typy slunečních kolektorů využívajících aktivního využití. Jedná se o fotovoltaické kolektory a termické kolektory. Fotovoltaické kolektory díky fotovoltaickému jevu přeměňují sluneční záření na elektrickou energii. Termické kolektory se používají hlavně k vytápění a ohřevu pitné vody. Solární energie je široce využívána v případě domácího využití i ve velkých solárních elektrárnách [5] [6].

Možnosti využití solární energie jsou závislé především na dvou hodnotách:

- Doba slunečního záření – je uváděna v hodinách za časové období (měsíc, rok). Průměrná hodnota pro Českou republiku je přibližně 1 500 hodin.
- Intenzita slunečního záření – jedná se o denní, resp. měsíční sumu globálního záření na jednotku vodorovné plochy. V České republice roční množství slunečního záření kolísá mezi 950 a 1 250 kWh/m.

Počasí hraje velmi významnou roli, a proto jsou obě hodnoty pozorovány meteorology v příslušných meteorologických stanicích [5] [6].

Pasivní využití obsahuje principy solární architektury, která značně vedou k energetické úspoře. Orientace prosklených ploch a akumulčních stěn spolu s maximálním objemem stavby s nejmenším povrchem obvodových stěn je jeden ze základních principů tohoto využití. Dále můžeme zmínit využití obnovitelných zdrojů a tepelné izolace. [5] [6]

1.4.1 Solární architektura

Během samotného návrhu domu je potřebné brát zřetel na zachytávání sluneční energie během zimy, ale zároveň dávat pozor na možné přehřátí v létě. Velice důležitou podmínkou je správná orientace stavebního objektu směrem na jih z důvodu větší efektivnosti při zachytávání tepelné sluneční energie. Svah terénu a jeho směr je nutné

brát v potaz a ideálním řešením je nasměrovat větší plochu objektu s obytnými místnostmi na jih [7] [8].

Lokace objektu od vyšších překážek je velice důležitým faktorem pro získávání sluneční energie. Záměr je postavit budovu tak, aby velká okna a delší strana směřovala na jih a malá okna, které slouží jen k nutnému dennímu světlu byla orientována na sever. Samozřejmě mohou být okna jak na západ, tak na východ, ale na těchto stranách to není zdaleka tak výhodné z důvodu přehřívání v létě a málo přínosné energie v zimě [7] [8].

Nejlepším řešením je umístit vchod domu na sever či východní stranu a poté využít jednoduché pasivní prvky jako například okenní a vzduchové kolektory, tepelně akumulační stěny anebo transparentní izolace. Všechny tyto prvky poskytnout zlepšení samotné tepelné bilance. [7] [8].

Obecně se místnosti v solárním domě orientují podle jejich náročnosti na teplo, tzv. teplotní zóny:

- Severní zóna je vhodná pro menší místnosti typu koupelna, záchod
- Obytná zóna je vhodná pro velké prosklené místnosti typu obývací či kuchyň
- Jižní část může být tvořena zimní zahradou

[7] [8]

1.4.2 Fototermická přeměna

Celý princip stojí na tom, že na povrchu daných materiálů se pohlcuje sluneční záření. Míra pohlcení slunečního záření se liší podle druhu materiálu. Všichni známe takový příklad, když v létě máme černé a nebo bílé triko, jelikož tmavá barva pohlcuje světlo více, dochází k většímu ohřevu povrchu a proto nám je větší teplo. *„Základem fototermického zařízení je solární kolektor, který mění sluneční záření na teplo. Toto teplo je z místa kolektoru odvedeno pomocí proudící kapaliny nebo vzduchu k místu jejího využití případně uložení“* [9].

1.4.2.1 Druhy solárních systému ohřevu vody

Solární systém se skládá z několika částí, kterými jsou: solární kolektory, potrubí, které povede ohřátou vodu a dále akumulační nádrž s čerpadlem.

Solární kolektory se vyrábí ve dvou provedeních:

1. Ploché kolektory: rozlišujeme na vodorovné a svislé. Tento typ kolektoru, je v dnešní době široce využíván z hlediska poměru ceny/výkon.

2. Trubicové kolektory

Pokud chceme kolektor využít v náročných podmínkách typu oblasti s nízkou teplotou, velkou oblačností (nízká intenzita záření), využijeme trubicové kolektory, které mají za těchto podmínek vysokou účinnost [10].

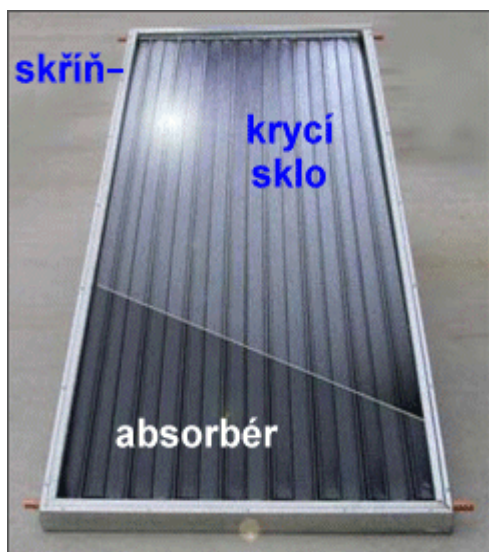
1.4.2.2 Rozdělení nejčastějšího plochého kapalinového kolektoru

Absorbér – je tvořen z plechu, který je vyroben buď z hliníku nebo mědi. Samotný povrch se pak liší v závislosti na ceně absorbéru. U dražších kousků, je povrch pokrytý spektrálním nátěrem a u levných pouze tmavou matnou barvou. Výhoda spektrálního nátěru spočívá v pohlcení přímého i rozptýleného slunečního záření. Jsou vhodnou volbou pro potřeby využití během celého roku, a ne pouze léta [11].

Skříň – Je ochranná skořápka pro kolektor, chrání jej před venkovními podmínkami a zároveň slouží jako uchycení kolektoru na budovu (stěna, střecha) [11].

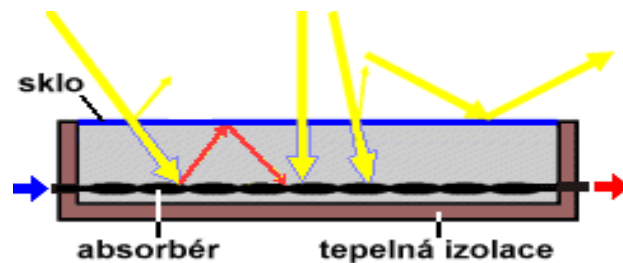
Izolace – musí odolávat vlhkosti tak i vysokým teplotám. Slouží k tomu, aby nám neunikalo teplo skrz stěny skříně. Zvyšuje efektivnost kolektoru [11].

Krycí sklo – využívá se bezpečnostního skla z důvodu velké životnosti a odolnosti proti povětrnostním podmínkám. Samotné sklo slouží opět jako izolace skříně ale z přední strany. Uvnitř kolektoru pak po dopadu světla vzniká skleníkový efekt, který ohřívá kapalinu [11].



Obrázek 7 – Konstrukce solárního panelu

(Zdroj: 11)



Obrázek 6 – Dopad záření

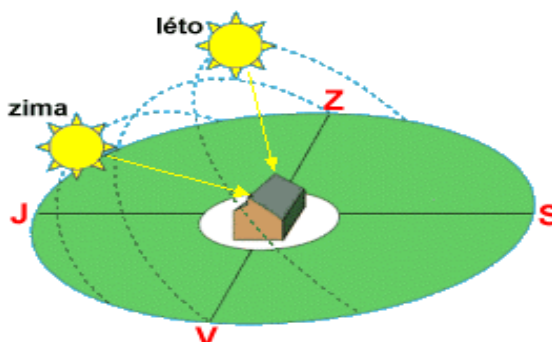
(Zdroj: 11)

Instalace kolektoru – Kolektor může být upevněn jak na střechu, tak i na stěnu budovy. Uchycuje se pevně pomocí kovových konstrukcí [11].

Konstrukce kolektoru – jak už bylo zmíněno, konstrukce je kovová, a tudíž i odolná vůči různým okolním vlivům. Je potřeba správně rozvrhnout kde se bude nacházet z důvodu co nejkratší cesty ohřáté kapaliny, která tak tolik neztratí na své teplotě během cesty [11].

Orientace kolektoru – je důležité kam bude kolektor otočený. Největší využití dosáhne při natočení se na jih [11].

Sklon kolektoru – nejčastější sklon je 35° - 45° . Je to z důvodu pohybu slunce během dne. Největší účinnost by měl kolmý dopad slunečního záření.



Obrázek 8 – Dopad a úhel na jižní straně

(Zdroj: 11)

Toho však po čas dne docílit pevnou konstrukcí nemůžeme, a proto se volí kompromis úhlů, které jsem již zmínil [11].



Obrázek 9 – Panely na jižní straně a sklon dopadu záření

(Zdroj: 11)

„Samotný kolektor pro praktické využití sluneční energie nestačí - zahřátá teplotnosná kapalina musí získané teplo přenést na místo spotřeby. Kapalina, ohřátá v solárním kolektoru, se přivádí do zásobníku nebo výměníku tepla, součástí instalace jsou ventily, oběhové čerpadlo, regulační a další technické prvky. Všechny součásti vytvářejí solární systém“ [11].

1.4.3 Solární tepelná elektrárna

Solární tepelná elektrárna využívá slunečního záření k výrobě páry, která následně pohání parní turbínu a vyrábí elektřinu. *„Počítačem řízená zrcadla vhodného tvaru odrážejí sluneční paprsky na zásobník nebo absorpční trubice, kterými protéká speciální syntetický olej. Ten se může ohřát na teploty až 400°C. Pomocí tohoto oleje se pak vytváří v parogenerátoru pára pro pohon turbíny. Stejně jako u uhelné či jaderné elektrárny pak musí pára kondenzovat v kondenzoru, který je potřeba chladit“ [12].*

Lze zajistit téměř neustálý chod elektrárny, díky tekuté soli umístěné v ohřevu zásobníku. Toho lze využít, když nesvítí slunce nebo v noci. Pokud máme dostatečný objem solí, můžeme pak vyrábět páru potřebnou k chodu turbíny. Tepelná solární elektrárna, má vůči fotovoltaickým téměř až dvojnásobný výkon [12].

Vhodná lokace pro tak velké tepelné sluneční elektrárny je tam, kde máme přístup k velkému množství vody, kde je vysoká intenzita slunečního záření a zároveň plocha, kterou nenarušíme okolní životní správu. Nejlepšími místy se tedy jeví oblasti kolem moře. Pořizovací cena je však daleko vyšší než u fotovoltaických elektráren [12].

„Cena (sluneční tepelné) elektrárny Andasol vit obr... 1 byla 300 milionů eur. Protože výkon je 50 MW a roční využití výkonu 40 %, tak pro nahrazení výkonu jaderného bloku EPR s výkonem 1600 MW a více než 80 % ročního využití výkonu bychom potřebovali 64 elektráren Andasol I. Jejich cena by byla přes 19 miliard eur. To je více než 3,5krát více než cena bloku EPR stavěného ve Finsku i po všech dosavadních zdraženích“. [12]



Obrázek 10 – Solární tepelná elektrárna

(Zdroj: 12)

1.4.4 Fotovoltaická přeměna

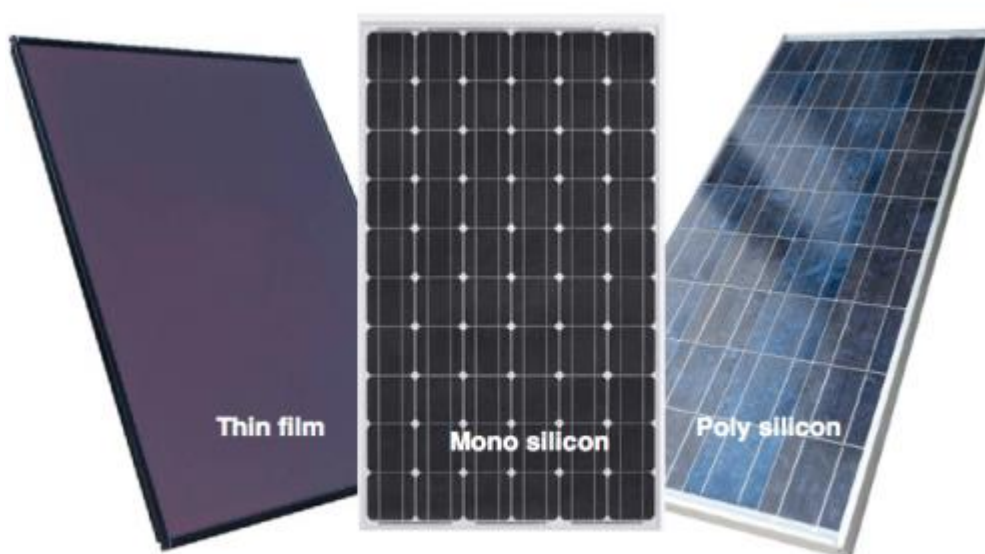
„Fotovoltaický panel se skládá z jednotlivých fotovoltaických článků, jejichž základem je polovodičová dioda. Ta obsahuje dvě vrstvy příměsových polovodičů – polovodiče typu P – anoda a polovodiče typu N – katoda“ [13].

Přebytek elektronů se se nachází na vrstvě N, zatímco nedostatkem trpí vrstva P. Přejed mezi těmito rozhraními propouští proud pouze jedním směrem. Pomocí potencionální bariéry zabránuje přechodu elektronů z vrstvy N s přebytkem do vrstvy P, která jak jsme zmínili trpí nedostatkem elektronů. „Není tedy možné, aby došlo ke spojení elektronů s dírami neboli k jejich rekombinaci. Umožňuje ovšem přechod

elektronů v opačném – propustném směru. Dopadem fotonů slunečního záření na fotočlánek vzniká vnitřní fotoelektrický jev, při němž jsou z krystalové mřížky obou vrstev uvolňovány elektrony, které se díky výše zmíněné vlastnosti hromadí ve vrstvě N a mezi oběma vrstvami vzniká elektrické napětí o hodnotě 0,5-0,6 V. Navýšení na požadované napětí se získá sériovým zapojením jednotlivých článků, paralelních kombinací lze dosáhnout vyššího proudu. V praxi se pro dosažení požadovaných hodnot využívá série-paralelního zapojení. Aby mohl být elektron z krystalové mřížky uvolněn, musí mít dopadající foton minimální energii potřebnou pro překonání zakázaného pásu, u křemíku je tato hranice 1,12 eV. Energie fotonů závisí na vlnové délce záření, energii 1,12 eV odpovídá infračervenému záření o vlnové délce zhruba 1 105 nm. Záření o kratší vlnové délce mají dostatek energie, dopadající fotony způsobí vznik elektronu a „díry“, zbylá energie se přemění na nežádoucí teplo. Naopak fotony záření s větší vlnovou délkou křemíkem prochází a nejsou v něm absorbovány. Teoreticky lze využít energie maximálně 50 % dopadajícího světelného záření, prakticky se ovšem dosahuje hodnot polovičních“ [13].

1.4.5 Technologie fotovoltaických článků

Dáky vývoji fotovoltaických článků vznikly různorodé technologie založené hlavně na krystalické křemíku. Základní součástí této technologie je křemíkový plát a tuto technologii nazýváme jako první generace. Křemíkový plát má běžně rozměry 200 x 200 mm o tloušťce 0,2 – 0,3 mm. Struktura použitá na daný plát bývá buď křemíková anebo monokrystalická [14].



Obrázek 11 – Typy solárních panelů

(Zdroj: 25)

Na šikmé střeše orientované na jih mají monokrystalické panely nejvyšší výkon. Výkon monokrystalického panelu se udává v hodnotách mezi 170–200 W. Polykystalické fotovoltaické panely jsou nejběžnější panely instalované na současných fotovoltaických elektrárnách v České republice, protože jejich pořizovací náklady jsou nižší než u monokrystalických fotovoltaických panelů. Samotná cena klesá z důvodu různorodého výrobního procesu. Když se lisují odřezky křemíku tak vznikají menší polykristaly. Ve výsledku klesá kupní cena, složitost výroby a rychlost výrobního procesu. Polykystalické FV panely nahází uplatnění na střešních kontraktích a pozemních realizacích. Účinnost se pak u fotovoltaických panelů pohybuje mezi 12–14

%. Jak si můžeme všimnout, tak polykrystalické panely mají nižší účinnost než již zmíněné monokrystalické panely a tím pádem musí tvořit větší plochu, aby se výkon vyrovnal. Orientace panelů může být na všechny světové strany ale ani s natočením na jižní stranu a dokonalých podmínek nedosáhneme výkonu dobře orientovaných monochromatických panelů. Maximální výkon za dokonalých podmínek jednoho polykrystalického panelu sahá až k 290 W. Panely vyrobené tenkovrstvou technologií s označením druhé generace tvoří menší množství FV článků v České republice. „FV články včetně jejich propojení jsou vytvořeny přímo na nosné podložce ze skla, fólie nebo plechu, nanesením velmi tenkých vrstev materiálů v jednotkách mikrometrů. Pro aktivní vrstvu je nejpoužívanějším materiálem opět křemík s amorfni nebo mikrokrytalickou strukturou viz obr 1-2 (c). Účinnost tenkovrstvých amorfni křemíkových FV článků se pohybuje v rozmezí 7–9 % a pro dosažení stejného výkonu jako u monokrystalických či polykrystalických FV panelů je třeba 2,5x větší aktivní plocha. Výhodou panelů je nejvyšší účinnost při přeměně energie z difúzního záření a vzhledem k malému množství využitých prvků pro výrobu také cena. Vhodné využití panely naleznou na místech s velmi nízkým přímým slunečním osvitem a dostatečně velkou plochou pro instalaci FVE. Amorfni panely nedosahují životností jako panely monokrystalické a polykrystalické. Přes skutečnost, že pro všechny tři uvedené druhy panelů je základní surovinou křemík, tenkovrstvou technologií lze vyrábět panely s odlišnými strukturami např. CdTe, CIS a CIGS (měď, indium, galium, síra, selen“ [14].

| Objemové materiály | Tenkovrstvé materiály | Alternativní materiály |
|---------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Monokrystalický křemík | Amorfni křemík | Polymerní vrstvy |
| Polykrystalický křemík | Mikrokrytalický křemík | Články s fotocitlivým barvivem |
| Polykrystalické plátky Si | CdTe a CdS | |
| | CuInSE – CIS | |
| | Amorfni SiGe | |
| | InGaN | |

Tabulka 1 – Druhy materiálů použitých na solární panely

(Zdroj: 14)

1.4.5.1 Materiál fotovoltaických článků

„Nejvíce využívaným materiálem pro výrobu fotovoltaických článků je v současné době křemík. V elektrotechnice má tento prvek rozsáhlé využití, díky čemuž má rozsáhlou technologickou základnu. V přírodě se nachází v čistotě 97-99 %, což není pro využití v elektrotechnice dostatečné. Čistší křemík je nutné vyrobit. V případě fotovoltaických článků se využívá jak polykrystalický, tak i monokrystalický křemík. Polykrystalický křemík se vyrábí za pomoci chemických metod – např. Siemensovy metody. Oproti monokrystalickému křemíku je výroba méně nákladná a články dosahují vyšší účinnosti při nižší intenzitě záření, účinnost těchto článků se pohybuje okolo 15-17 %. Monokrystalický křemík se vyrábí za pomoci řízené krystalizace z taveniny tzv. Czochralského metodou. Výhodou monokrystalického křemíku oproti polykrystalickému je vyšší účinnost při vyšších intenzitách záření, nejvyšší účinnost tohoto typu článků přesahuje 20 %. Druhým nejvyužívanějším materiálem je arsenid galia. Výhodou je vyšší účinnost než u křemíkových článků, prozatím nejvyšší účinnost tohoto typu článku se pohybuje okolo 29 %. Nevýhodou je vyšší cena, větší hustota a křehkost článků. Díky vyšší účinnosti a odolnosti proti kosmickému záření se tyto články využívají především ve vesmírných družicích“ [14].

1.4.5.2 Konstrukce fotovoltaických článků

Omezení optických a elektrických ztrát včetně ušetření na materiálu, je jedna z hlavních priorit při navrhování a následné konstrukce fotovoltaických článků. Křemík má optické ztráty způsobené odrazem záření okolo 30 %. Pokud chceme tuto hodnotu snížit a docílit tak větší efektivity, musíme využít antireflexní vrstvy, která tuto hodnotu snižuje o 10 %. Poslední možností je použití selektivního leptadla, které na povrchu fotovoltaického článku vytvoří texturovaný filtr [13].

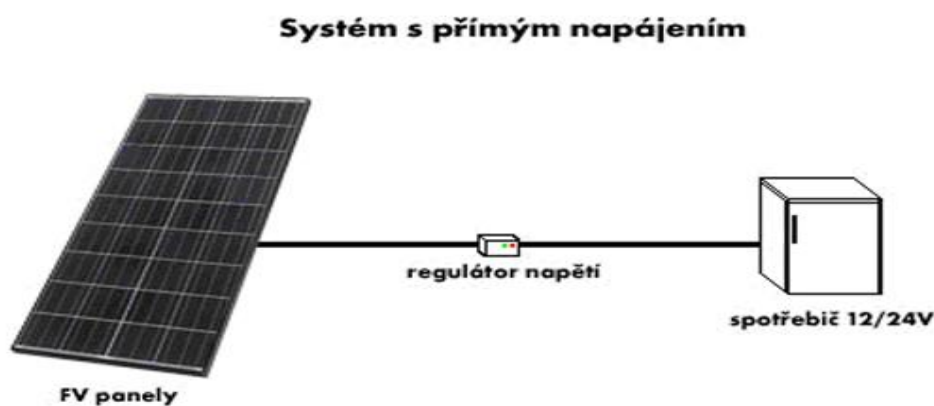
1.4.5.3 Fotovoltaické systémy

Pokud chceme ze solárních panelů využít jejich elektrickou energii, musíme k nim kromě spotřebičů také připojit například napěťový střídač, měřicí přístroje, akumulátorovou baterii a pokud chceme investovat do co nejvyššího využití, můžeme nainstalovat i systém, který automaticky panely natačí za Sluncem. Množství jednotlivých prvků fotovoltaického systému závisí na druhu, jak budeme daný systém aplikovat. Obecně se

skládá z fotovoltaických panelů, podpůrných systému a spotřebičů na které je napojen [15] [16].

Tyto systémy dělíme na systémy s přímým napájením, systémy s akumulací elektrické energie a hybridní ostrovní systémy [15] [16].

Systémy s přímým napájením jsou využívány na místech, kde nevadí, že daný systém je funkční jen v případě dostatku intenzity slunečního záření. Tento způsob je ukázkou jednoduchého propojení spotřebiče a solárního panelu. Příklady využití systému: čerpání vody pro závlahu, napájení oběhového čerpadla solárního systému pro přípravu teplé užitkové vody, napájení ventilátorů k odvětrání uzavřených prostor nebo nabíjení akumulátorů malých přístrojů – mobilní telefon, svítilna atd. [15] [16].

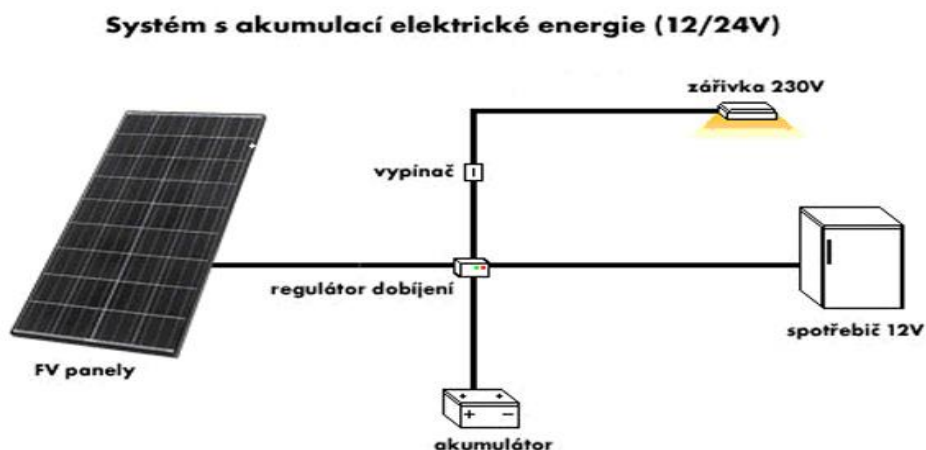


Obrázek 12 – Systém s přímým napájením

(Zdroj: 15)

Oproti systému s přímým napájením se systémy s akumulací elektrické energie používají na místech, kde je potřeba elektřiny i bez dostatku intenzity slunečního záření. To je důvodem, proč tyto systémy používají akumulátorovu baterii. Součástí systému je regulátor, který slouží k tomu, aby se baterie nabíjela a vybíjela postupně bez velkých skoků, které by ji mohli uškodit. K systému je možné připojit síťové spotřebiče, které jsou napájené přes střídač, tak i ty, které jsou napájeny stejnosměrným proudem. Příklad

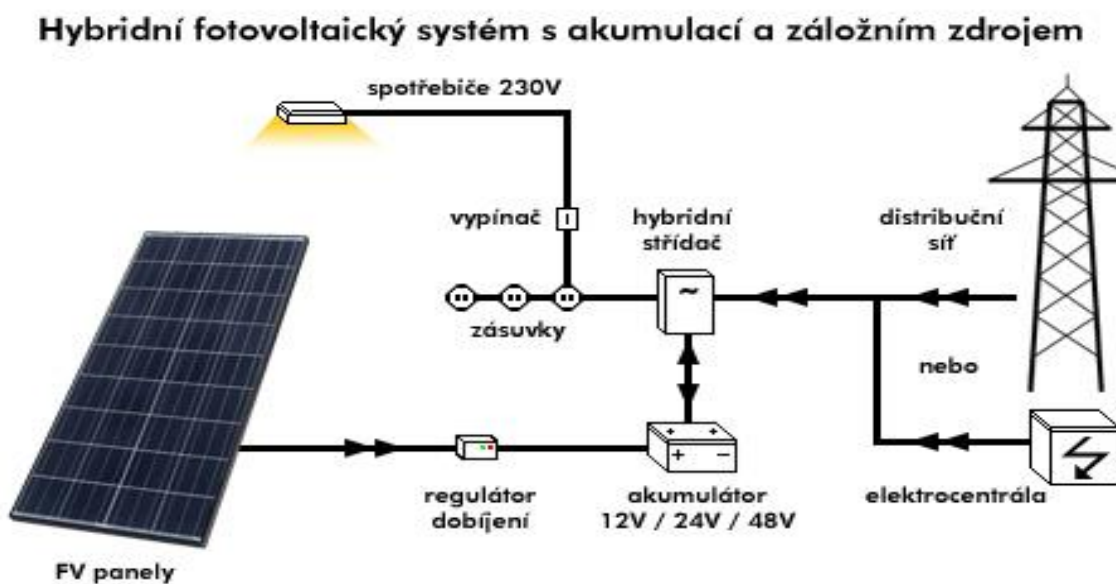
využití systému: zdroj elektrické energie pro chaty a rodinné domy, napájení dopravní signalizace, telekomunikačních zařízení, veřejného osvětlení nebo monitorovacích přístrojů v terénu, zahradní svítidla, světelné reklamy, camping a jachting [15] [16].



Obrázek 13 – Systém s akumulací elektrické energie

(Zdroj: 15)

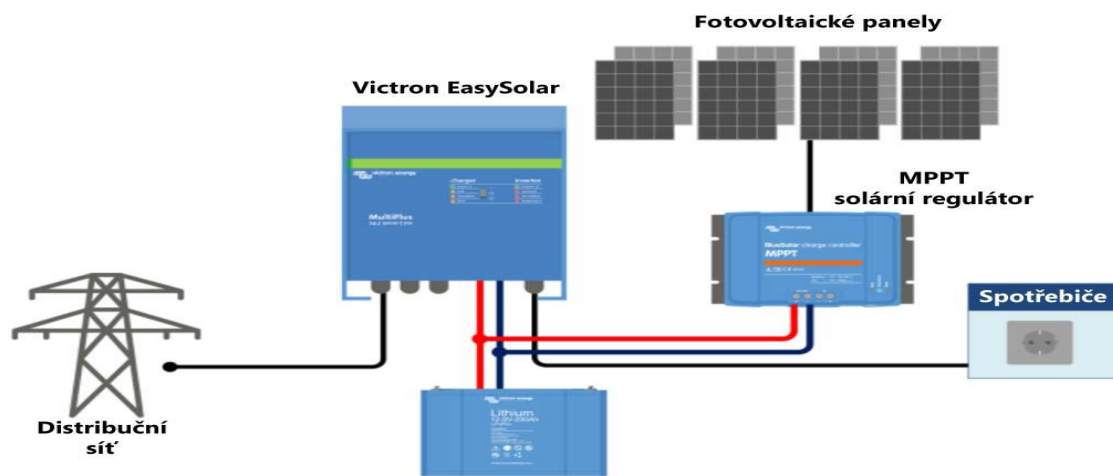
Pokud je potřeba provozu při velkém vytížení, pak přichází na řadu hybridní systém s akumulací a záložním zdrojem. Během zimy získáme značně menší počet vyrobené elektrické energie, než je tomu v létě. Kdybychom chtěli zvýšit výkon během zimního období, byla by to velká investice. Z tohoto důvodu, je výhodné využití doplňkových zdrojů elektřiny. Takovým zdrojem může být větrná elektrárna, malá vodní elektrárna, elektrocentrála, kogenerační jednotka apod. Příklad aplikace: rozsáhlejší systémy pro napájení budov s celoročním provozem v lokalitách bez připojení k elektrické síti [15] [16].



Obrázek 14 – Hybridní fotovoltaický systém

(Zdroj: 26)

Na místech, kde je hustá elektro rozvodová síť, můžeme využít síťových fotovoltaických systémů (grid on). Přes síťový střídač, je elektrická energie dodávána do rozvodné sítě. Síťový měnič je vybaven mikroprocesorem, který následně vše automaticky řídí. Panely fotovoltaického systému jsou v tomto případě umisťovány přímo do struktury budovy, oproti ostatním systémům je to výjimka. Jsou vysoce rozšířeny v USA, Japonsku nebo



Obrázek 15 – Grid-on systém

(Zdroj: 27)

Německu. U nás se tyto systémy zatím stále rozšiřují, ale ne takovým tempem jako ve zmíněných státech. Příklady využití systému: střechy rodinných domů do 1–10 kW, fasády a střechy administrativních budov 10 kW – 10 MW, protihlukové bariery v okolí dálnic, fotovoltaické elektrárny na volné ploše, posilovače koncových větví rozvodné sítě [15] [16].

1.4.5.4 Servis a údržba FVE

Fotovoltaická elektrárna může způsobit mnoho problémů, pokud je instalace špatná a neudržuje se. Je potřeba provádět na každé fotovoltaické elektrárně revize. Po 4 letech se ve většině případů nechává vypracovat periodická zpráva zahrnující revizi fotovoltaického systému [17].

Fotovoltaické systémy jsou umístěny venku a vlivy venkovního prostředí umí být velmi nehostinné a mohou způsobit poškození systému. Z tohoto důvodu, jak již bylo zmíněno, je potřeba provádět servis a údržbu. Ochrání nás to před většími investicemi do budoucna skrz způsobené škody. Testování a diagnostika se provádí pomocí termografie a Volt-Ampérové charakteristiky fotovoltaických panelů [17].

1.4.6 Termografie

Pokud je fotovoltaický panel poškozený nebo vadný, tak vyzařuje teplo, které můžeme najít díky použití termovize. Fotovoltaické panely musí být z tohoto důvodu pravidelně kontrolovány abychom měli jistotu, že všechny panely jsou plně funkční [18].

Termovize je jednou z možností, jak odhalit poškozené fotovoltaické panely. Poškození proběhne buď během výroby a následné dopravy, může však vzniknout i vlivem toku zpětného proudu přes zastíněné články. Poškozené části panelu vyzařují vyšší teplo než ty funkční a v krajních případech by mohlo dojít i ke vznícení modulu (teplota může dosahovat až 250 °C). Ztráty způsobené horkou částí na fotovoltaickém panelu se odhadují mezi 5–25 % [18].

Testy a měření by mělo probíhat za konstantních podmínek, aby nedošlo k velké odchylce. Nastaví se stejná zářivost jako je zářivost skla a následně se zadá venkovní teplota. Musíme mít na paměti, že nesmíme vlastním tělem stínit panel [18].



Obrázek 16 - Termografické měření

(Zdroj: 18)

1.4.6.1 Měření V-A charakteristik

Při tomto měření také nejdříve změříme teplotu panelů, následně se pomocí analyzátoru fotovoltaických panelů s autoscanem provede měření jednotlivých modulů a data jsou pak převedena do počítače, kde se zpracují v softwaru k tomu určenému [14].

1.4.7 Nejběžnější poruchy FVE

Zdánlivě jednoduchá technologie, na kterou poskytují výrobci dlouholeté záruky zní bezproblémově. Problém je však ten, že při velkém vzrůstu poptávky firmy nakoupily montážní linky na klíč, a panely, které nejsou dlouhodobě testovány a pak vnikají vady na panelech. Špatné zachycení může vést z poškození celého modulu. Jedná se o nedodržování dilatačních mezer, špatně postavená konstrukce a další. Čím vyšší je kvalita samotného panelu, tím menší je možnost, že nastane porucha. Každopádně všechny tyto problémy mohou přinést velké provozní problémy a nemalé investování do oprav. Nesprávné uchycení panelu může vést k mechanickému poškození a znehodnocení celého modulu [19].



Obrázek 17 – Popraskaný povrch solárního panelu

(Zdroj: 19)



Obrázek 18 – Spálený konektor

(Zdroj: 19)

Přehled typických chyb na fotovoltaických elektrárnách:

- Umístění a uchycení panelů na konstrukci
- Nekvalitně postavená konstrukce (přenášející deformační síly na modul)
- Absence přepětových ochran a DC jištění
- Špatně umístěná kabeláž přes konstrukci (malé poloměry ohybu – dochází k mechanickému poškození)
- Levné a nekvalitní konektory (netěsnost, malá mechanická pevnost)
- Nedostatečná výška střídačů a elektrorozvaděčů nad terénem
- Absence hromosvodu, špatně provedená zemní soustava
- Poddimenzovaná kabeláž způsobující vysoké ztráty
- Vysoko ztrátová trafostanice
- Špatně nastavená kompenzace jalové energie
- EMC rušení
- Chybějící monitoring systému

[19]

2 Lokace a struktura firemního objektu

2.1 Cíle bakalářské práce

Cílem této bakalářské práce je představení možnosti využití sluneční energie a jakými způsoby sní lze zacházet. Hlavním cílem je však návrh fotovoltaické elektrárny pro firemní objekt, samotné rozložení, kalkulace nákladů, a nakonec samotné ekonomické zhodnocení. Tyto cíle budeme řešit pomocí poskytnutých informací od firmy zabývající se stavbou těchto elektráren a také pomocí článků a volně přístupných informací na webu, a nakonec z vlastních zdrojů týkajících se informacích o daném objektu, poloze a možnostech kde fotovoltaickou elektrárnu umístit.

2.2 Základní parametry a data návrhu

Firemní objekt je umístěn v Jihomoravském kraji ve vesnici s názvem Kuchařovice. Přesná adresa je 8.května 168, 669 02 Kuchařovice. Souřadnice umístění domu jsou: 48.87'53.62''N, 16.07'85.37''E.

Malé situační zobrazení zobrazuje Obr.19



Obrázek 19 – Znázornění lokace firemního objektu

(Zdroj:vlastní zpracování)

Lokalita domu se nachází ve větrné oblasti III. Zatížení větrem 27.5 m/s a ve sněhové oblasti na hranici I. A II stupně zatížení sněhem 0.7-1 kPa

Dům se nachází v nadmořské výšce 301 m n. m. Dům je dvoupatrový se sedlovou střechou z pálených tašek. Jednotlivé části střechy jsou orientovány na všechny světové strany. Střecha, na které budou panely směřuje na Jih. V oblasti okolo budovy se nenachází žádné výškové budovy či domy s vyšší výškou. Tudíž nám nebude žádná budova stínit na danou plochu kde chceme solární panely umístit.

Při navrhování fotovoltaické elektrárny je potřebné znát dobu slunečního svitu pro danou oblast kde se budova nachází. Přímě pro Českou republiku se tato hodnota pohybuje v rozmezí 1700–1800 hodin ročně.

Přímě pro danou lokalitu můžeme zjistit dobu slunečního svitu z tabulky 2.

| Město | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. | XI. | XII. | (h/rok) |
|--------|----|-----|------|-----|-----|-----|------|-------|-----|-----|-----|------|---------|
| Znojmo | 50 | 71 | 138 | 164 | 226 | 217 | 215 | 227 | 166 | 131 | 58 | 52 | 1715 |

Tabulka 2 – měsíční doba svitu

(Zdroj:vlastní zpracování)

Pohledy ze světových stran na firemní objekt:

Ze severního pohledu by se nabízela velice užitečná plocha s dobrým přístupem. Bohužel se však jedná o severní stranu a využití by nebylo dostatečné. Z východního pohledu se je střecha sice dlouhá, ale zaprvé nám ji ruší střešní okna a tato část se nachází v ulici, kde velice málo dopadá sluneční svit z důvodu velkého obstavení dalšími domy.



Obrázek 20 - Severní pohled na firemní objekt

(Zdroj:vlastní zpracování)

Jižní pohled nám poskytuje jednu stranu střechy, která je součástí nově přistavené dílny. Tato část ze všech nejlépe poslouží k umístění solárních panelů. Díky své orientaci a zároveň není přerušena žádnými prvky a panely mohou být rozloženy po celé ploše střechy. Tato část střechy byla dostavěna nedávno k objektu.



Obrázek 21 – Východní pohled na firemní objekt

(Zdroj:vlastní zpracování)



Obrázek 22 – Jižní pohled na firemní objekt

(Zdroj:vlastní zpracování)

2.3 Grafické vyobrazení a rozměry jižní části střechy

Celková plocha jižní části střechy je přibližně 67.5 m². Sice je využitelná plocha po odečtení minimálních vzdáleností a technologické rezervě 60 m². Pokud bychom zde chtěli maximální počet panelů, bavili bychom se o 27 panelech. Kvůli obdélníkovému profilu střechy, bylo zapotřebí nechat provést grafické znázornění solárních panelů na střeše. Pomocí grafického znázornění byl stanoven, že konečný počet panelů, které budou umístěné na střeše bude 8 kusů. Rozložení panelů je zobrazeno na obrázku...

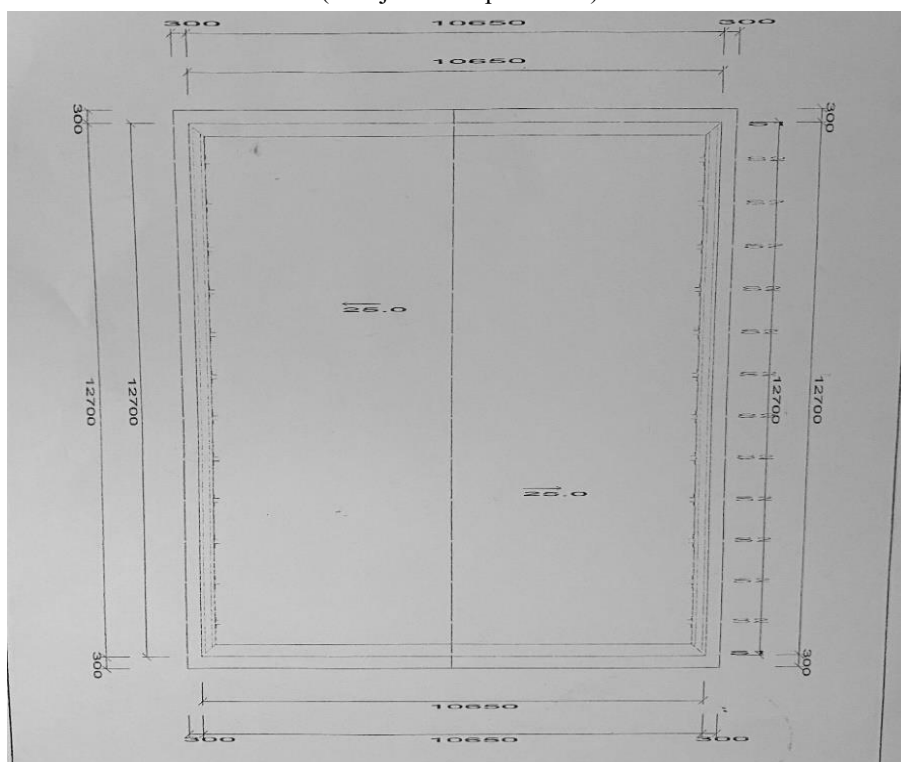
Zde na obr. 23 se můžeme podívat na grafické znázornění střechy, na kterou se budou umísťovat panely. Dále na obr. 24 můžeme vidět pohled na všechny příslušné střechy

firemního objektu z ptačí perspektivy a lze si všimnout, proč je jižní část střechy velice výhodným místem na umístění panelů.



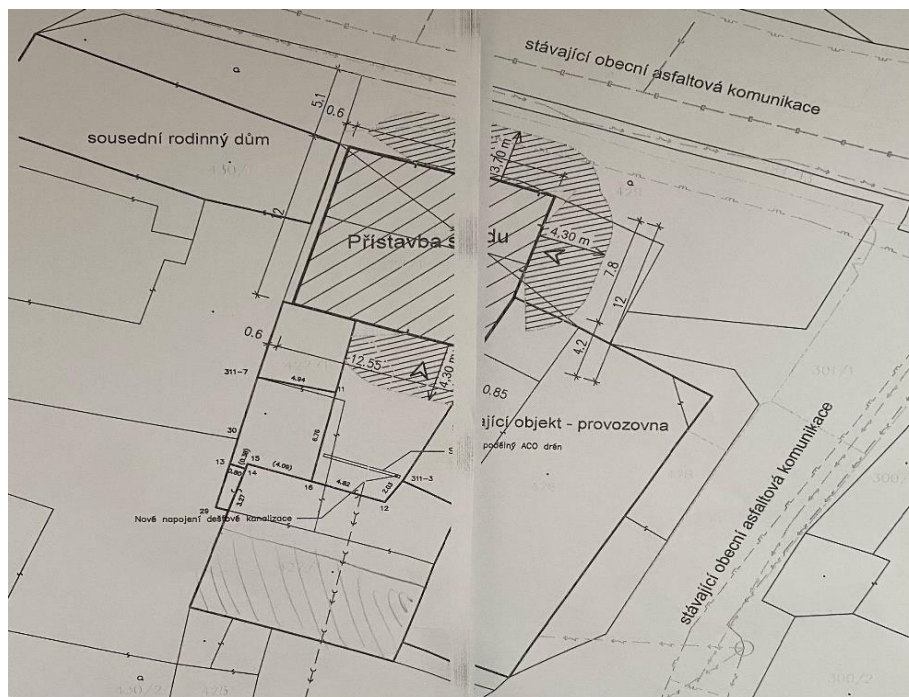
Obrázek 24 – Grafické znázornění solárních panelů (vlastní zpracování)

(Zdroj:vlastní zpracování)



Obrázek 23 – Rozměry jižní části střechy

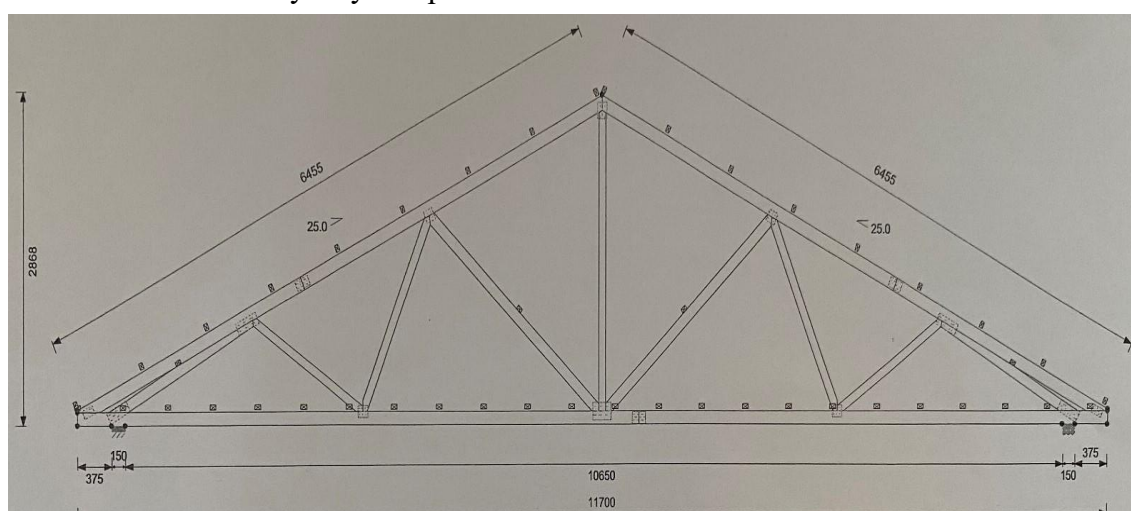
(Zdroj:vlastní zpracování)



Obrázek 26 – Pohled na firemní objekt – výkresová dokumentace

(Zdroj:vlastní zpracování)

Na obr. 25 můžeme vidět, že sklon jižní části střechy je 25 stupňů. Pro tento sklon střechy vzhledem k dopadu slunečního záření a lepším vlastnostem je vhodné zvolit polykrystalický typ fotovoltaických panelů. Výrobce panelů je vhodné volit s ohledem na poměr cena/výkon, přičemž se doporučuje přihlížet také k životnosti, spolehlivosti, odolnosti ke klimatickým podmínkám, dosažitelného elektrického výkonu při nízkých hodnotách ozáření a vysokých teplotách.



Obrázek 25 - Náčrty střechy na jižní straně

(Zdroj:vlastní zpracování)

3 Návrh FVE

Tento návrh zahrnuje různé faktory, na které je třeba brát zřetel. Výkon fotovoltaických panelů závisí na intenzitě záření, počasí a na orientaci a sklon panelů, lokalitě, počasí a dalších okolních vlivů. Výhody využití FVE systému je:

- Používá se prakticky nevyčerpatelný zdroj energie.
- Při provozu nevznikají žádné emise nebo jiné škodlivé látky.
- Provoz je zcela bezhlučný, bez pohyblivých dílů.
- Jednoduchá instalace solárního systému
- Provoz zařízení prakticky nevyžaduje obsluhu, snadná elektronická regulace.
- Zařízení mají vysokou provozní spolehlivost.

Nevýhody:

- Vyšší vstupní investice
- Nepředvídatelnost počasí a tím pádem i množství slunečního záření
- Ne všechny stavby jsou vhodné pro instalaci solárních panelů

Samotný fve systém se skládá z:

- FV panelů,
- síťového měniče
- Wattrouteru ECO
- hliníkové konstrukce pro FV panely na šikmou střechu určené na střešní krytinu z pálené tašky
- AC, DC rozvaděče vč. Výzbroje
- Kabely DC, AC datové
- ostatní pomocný materiál (lišty, kabelové žlaby, dutinky, lisovací oka, spojovací materiál, stahovací pásky).

3.1 Komponenty FVE

Parametry FV panelu společnosti JASolar vyhovují. Poměr cena výkon je u daného panelu ideální, stejně tak i provozní vlastnosti a údržba.

Mechanické. Elektrické a teplotní vlastnosti panelu můžeme nalézt v tabulce 3,4 a 6.

Technická výkres je vyobrazen na obr. 27.

| Mechanické vlastnosti | |
|------------------------------|--------------|
| Počet článků ve FV panelu | 144 ks |
| Délka | 2112 mm |
| Šířka | 1052 mm |
| Výška | 35 mm |
| Hmotnost | 24.7 kg |
| Krytí | IP68 |
| Konektor | MC4/MC4-EVO2 |

Tabulka 3 – Mechanické vlastnosti panelů

(Zdroj: 28)

| Elektrické vlastnosti | |
|------------------------------|---------|
| Jmenovitý výkon (Pmp) (STC)* | 45 Wp |
| MPP napětí (Vmp) | 49.70 V |
| Zkratový proud | 11.36 A |
| MPP proud (Imp) | 10.84 A |
| Napětí naprázdno (Voc) | 49.70 |
| Účinnost FV panelu | 20.3 % |
| Tolerance výkonu | 0 + 5 W |

Tabulka 4 – Elektrické vlastnosti panelů

(Zdroj:28)

| Všeobecné vlastnosti | |
|-----------------------------|-----------------|
| Záruka | 12 let |
| Certifikace | EU |
| Technologie FV článku | polykrystalický |
| Degradace během 25 let | 0.55 % |

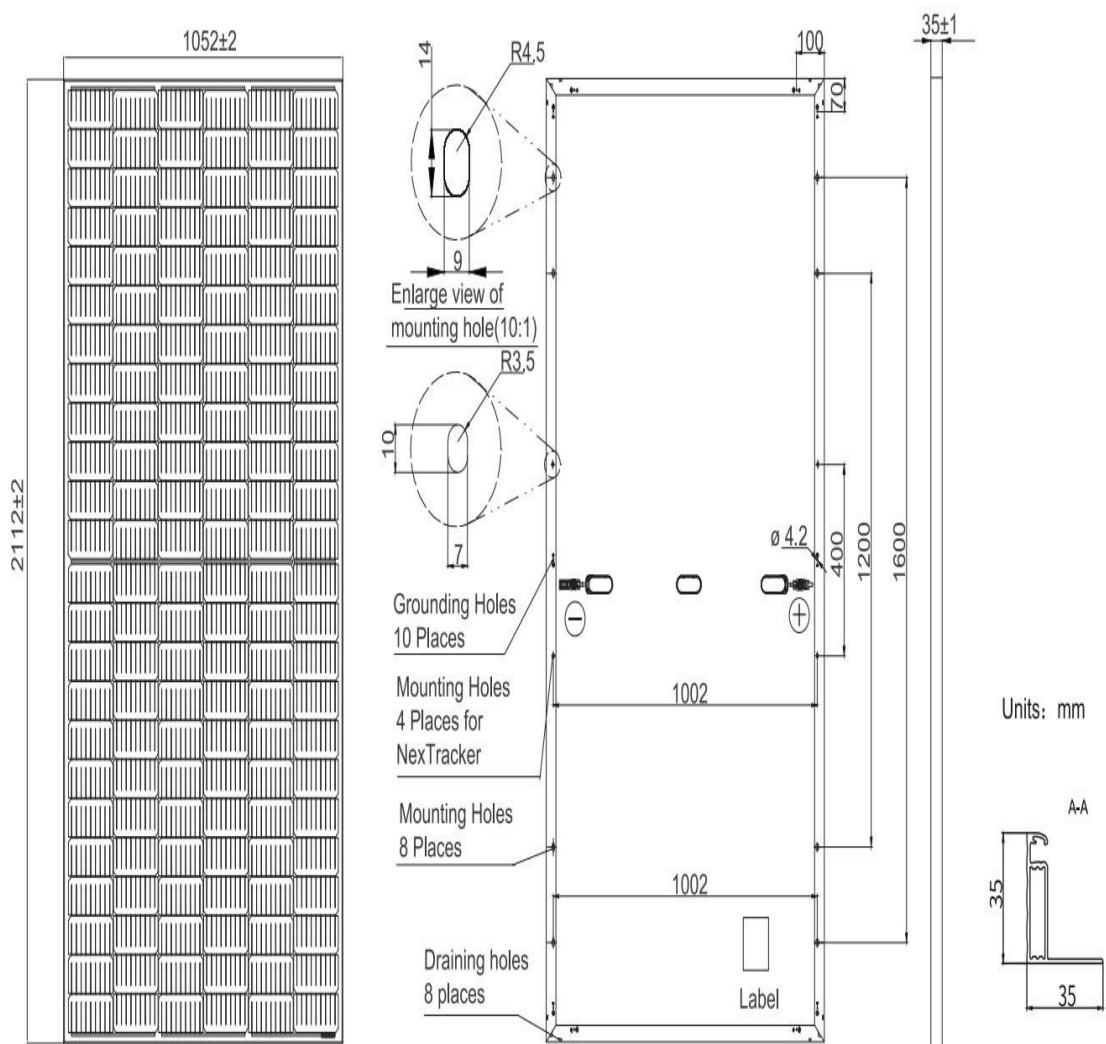
Tabulka 5 – Všeobecné vlastnosti panelů

(Zdroj:28)

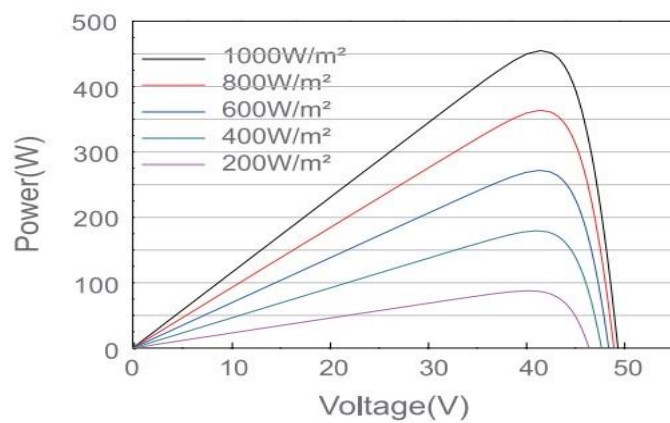
| Tepelné vlastnosti | |
|---|--------------|
| Provozní teplota | -40 ~ +85 °C |
| Teplotní koeficient maximálního výkonu | -0.350 %/°C |
| Teplotní koeficient | +0.044 %/°C |
| Teplotní koeficient napětí naprázdno | -0.272 %/°C |
| Bezpečnostní třída | Class II. |
| Maximální statické zatížení na předeek | 5400 Pa |
| Maximální statické zatížení na zadní část | 2400 Pa |

Tabulka 6 – Tepelné vlastnosti

(Zdroj:28)



Obrázek 27 – Grafické znázornění rozměrů panelu
(Zdroj:28)



Obrázek 28 – Vyobrazení napětí panelu
(Zdroj:28)

Důležitým parametrem pro FV je účinnost a výkon. Pro návrh systému jsme zvolili polykrystalické panely od firmy JA solar. Celkový návrh a následná realizace je vytvořena firmou Renega. Firma Renega má dlouholeté zkušenosti v oblasti fotovoltaických elektráren a má s panely od firmy JA solar velice dobré zkušenosti. Pro daný návrh byl zvolen panel JAM72S30 -450/MR s účinností 20.3 %. Výkon daného panelu je 450 Wp. Výrobce udává záruku 12 let a záruku na pokles výkonu na 83.1 %, to dělá 0.55 % za rok. Zbytek parametrů je uveden v tabulce 7.

3.1.1 Měníč napětí

Solární články vyrábí stejnosměrné napětí a díky měniči napětí toto přeměníme na

využitelné napětí v síti. K tomuto slouží měnič napětí DC/AC. Pro naši potřebu budeme používat měnič napětí GoodWe GW4000-DT. Tento měnič dva MPP trackery, zároveň je vybaven pasivním chlazením, takže nedojde do budoucna k nechtěnému přehřátí a vyznačuje se velmi nízkou vlastní spotřebou. Výhoda tohoto daného měniče je možnost komunikace s WIFI nebo RS485 a samozřejmost je i vlastní bezplatný monitoring. [30]



Obrázek 29 – měnič napětí

(Zdroj:30)

| DC vstup | |
|---|----------------------------------|
| Maximální povolená PV energie (W) | 5200 W |
| Jmenovitý DC proud (W) | 4200 W |
| Maximální DC napětí (V) | 1000 |
| MPPT regulátor – rozpětí napětí (V) | 200~800 |
| Počáteční napětí (V) | 180 |
| Maximální DC proud (A) | 11/11 |
| Maximální nejvyšší zpětný proud měniče do sestavy (A) | 0 |
| Ochrana před přepětím stejnosměrného proudu (A) | 21 |
| Počet DC konektorů | 2 |
| Počet MPPT regulátorů | 2 (mohou být zapojeny paralelně) |
| Kategorie DC přepětí | Kategorie II |
| DC konektor | MC4 / Phoenix / Ampheno |
| AC vstup | |
| Jmenovitá AC energie (W) | 4000 |
| Maximální AC energie (W) | 4000 |
| Maximální střídavý proud (A) | 7 |
| Ochrana před přepětím střídavého proudu (A) | 22 |
| Jmenovitý AC výkon | 50/60 Hz; 400 Vac |
| Rozsah AC výkonu | 45~55 Hz / 55~65 Hz; 310~480 Vac |
| THDi | <1.5 % |
| Faktor síly | 0,8 vodící~následný |
| Připojení k síti | 3W/N/PE |
| Kategorie AC přepětí | Kategorie III |
| Maximální účinnost | 98% |
| Euro účinnost | >97,8% |

Tabulka 7 – Parametry měniče napětí

(Zdroj:30)

3.1.2 Regulátor optimalizace spotřeby

Regulátor slouží k maximalizaci využití vyrobené energie. Instaluje se do systému a můžeme je nalézt s názvy Watrouter. Jedná se o programovatelný regulátor pro optimalizaci vlastní spotřeby pro objekty s instalovanou fotovoltaickou elektrárnou. Proudový rozsah měření je 3x20A, trvalého zatížení 3x40A. Po správné instalaci a nastavení regulátor dokonale optimalizuje využití přebytků energie vyrobených FVE. Pro naší instalaci byl vybrán Watrouter ECO, který má proudový rozsah měření 3x20A a

trvalé zatížení 3x40A. Cena Wattrouteru se všemi výstupy a relé bude 4 408,30 Kč [31].

Vlastnosti daného routeru jsou:

- Wattrouter ECO je zcela bezhlučný router
- Možnost rozšíření pomocí softwarových nástavba.
- Je modulární
- Třífázové nepřímé měření velikosti proudu
- Denní, týdenní, měsíční a roční statistiky výroby, přebytků a spotřeby (pouze s aktivovanou nástavbou)
- Jednofázová detekce napětí pro určení směru proudu na L1 a softwarová detekce pro určení směru proudu na L2 a L3 [31].

| | |
|--|---------------|
| Hlavní parametry | |
| Napájecí napětí | 230V, 50Hz |
| Spotřeba el. Energie – režim stand-by | Méně než 3 VA |
| Spotřeba el. Energie – režim 1 reléový výstup | 0.4 W |
| Spotřeba el. Energie – všechny výstupy sepnuté a zatížené max. dovolenými proudy | 4 W |
| Proudový měřicí rozsah | 0-20A |
| Napětový měřicí rozsah | |
| Proudová zatížení měřicího modulu | |
| Přesnost měření činného výkonu | |
| Rozměry (Š x V x H) | |

Tabulka 8 – Parametry regulátoru

(Zdroj:31)



Obrázek 30 – Regulátor optimalizace spotřeby

(Zdroj:28)

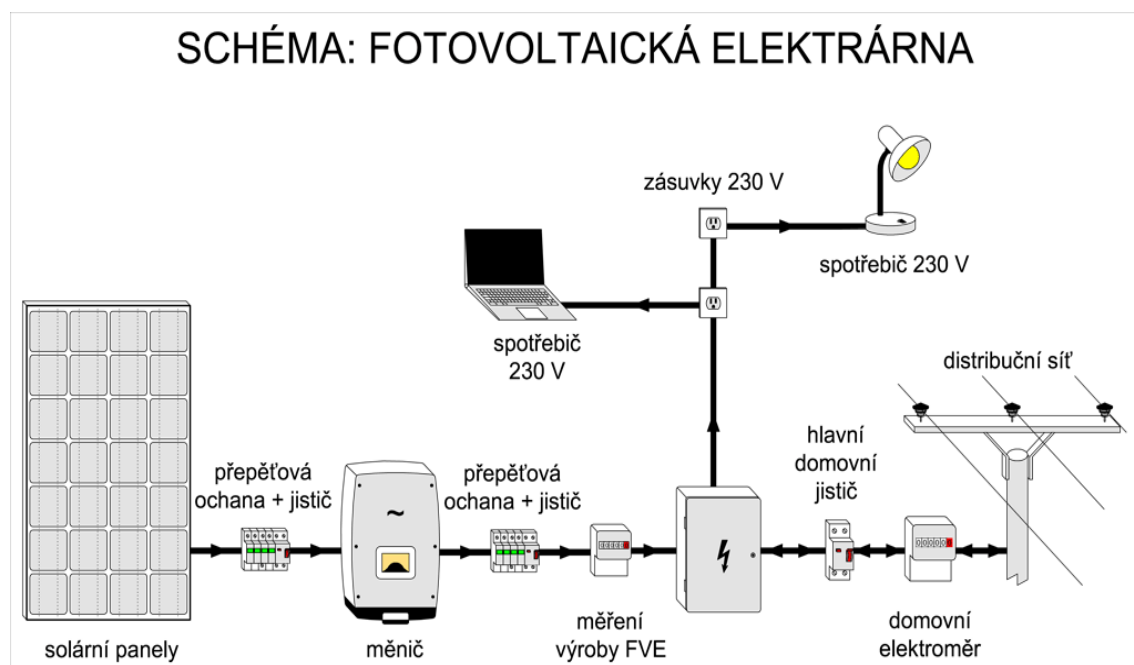
3.1.3 Hliníková konstrukce pro FV panely na šikmou střechu.

FV panely se přimontují na střechu pomocí hliníkové konstrukce.

Zbytek komponentů:

- AC, DC rozvaděče vč. Výzbroje
- Kabely DC, AC, datové

Příklad schématu fotovoltaické elektrárny můžete vidět na obr. 31



Obrázek 31 – Schéma fotovoltaické elektrárny

(Zdroj:32)

4 Odhad vyrobené sluneční energie

K tomu abychom mohli zjistit predikci produkce elektrické energie navrhovaného systému FVE je potřeba využití geografického informačního systému Evropské unie. S názvem Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Tento systém využívá obrázky ze dvou geostacionárních satelitů (0° a 57°E) pokrývajících Evropu a Asii. Hodinové výsledky jsou přímo kalkulovány z jednoho satelitového snímku [31].

Poskytnuté vstupy:

- Využití databáze: PVGIS-CMSAF
- Lokalita: 48.875, 16.078
- Nadmořská výška: 301 m n. m.
- Výkon systému: 3.6 kWp
- Systémová ztráta: 10 %
- Technologie: krystalický silikon [32]

Simulační výstupy:

- Sklon střechy: 25°
- Azimut: 12°
- Roční produkce: 4040.84 kWh
- Roční intenzita slunečního záření: 1348.39 kWh/m^2
- Roční variabilita: 230.76 kWh [32]

Změny výstupů způsobené:

- Úhlem dopadu: -3.14 %
- Spektrálními efekty: 1.44 %
- Teplotou a nízkým ozářením: -5.86 %
- Celková ztráta: -16.76 % [32]

Pro firemní objekt byly zvoleny polykrystalické panely se sklonem 22 °. Výkon je 3.6 kWp a celkové ztráty jsou 16.76 %. Hodnota se může lehce lišit, ale podle firmy je lepší počítat s vyšší ztrátou.

Kde:

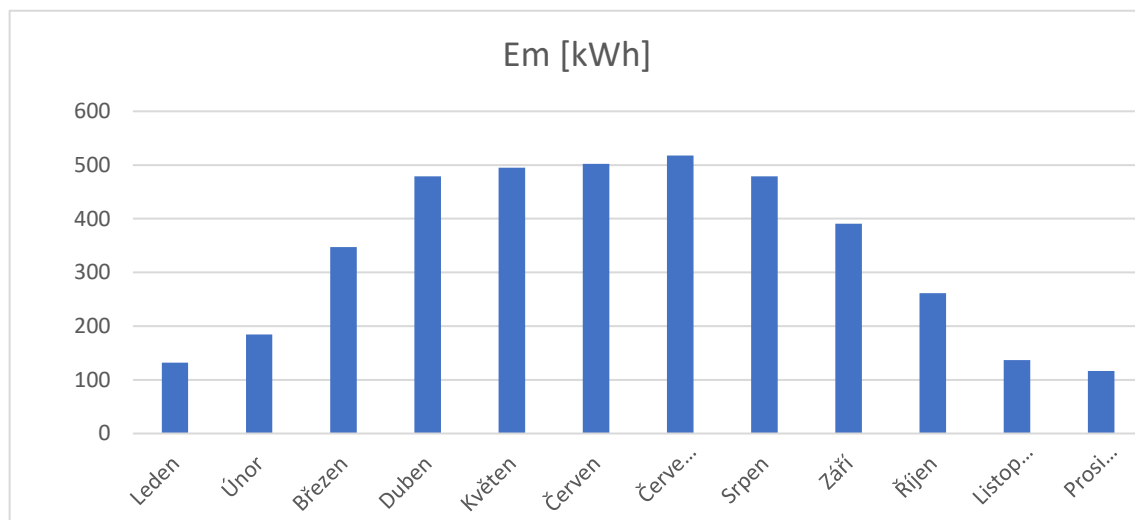
- E_m – průměrná denní produkce elektrické energie daného systému
- H_m – průměrná měsíční intenzita slunečního záření dopadajícího na moduly daného systému
- SD_m – Směrodatná odchylka měsíční výroby elektřiny v důsledku meziroční změny

| Měsíc | E_m [kWh] | H_m [kWh/m ²] | SD_m kWh] |
|--------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| Leden | 131,9 | 40,9 | 30,8 |
| Únor | 184,4 | 57,2 | 58,5 |
| Březen | 347,3 | 110,7 | 65,8 |
| Duben | 479,0 | 158,3 | 65,1 |
| Květen | 494,8 | 166,4 | 69,4 |
| Červen | 502,0 | 172,4 | 33,8 |
| Červenec | 517,4 | 180,8 | 66,2 |
| Srpen | 479,0 | 165,4 | 41,6 |
| Září | 390,5 | 130,7 | 44,9 |
| Říjen | 261,1 | 84,9 | 67,2 |
| Listopad | 137,0 | 44,0 | 24,7 |
| Prosinec | 116,6 | 36,7 | 18,0 |
| Průměrně | 399,25 | 12,37 | 48,83 |
| Celkem ročně | 4040.84 | 1348.39 | 586 |

Tabulka 9 – Předpokládaný výkon FVE při výkonu 3,6 kWh

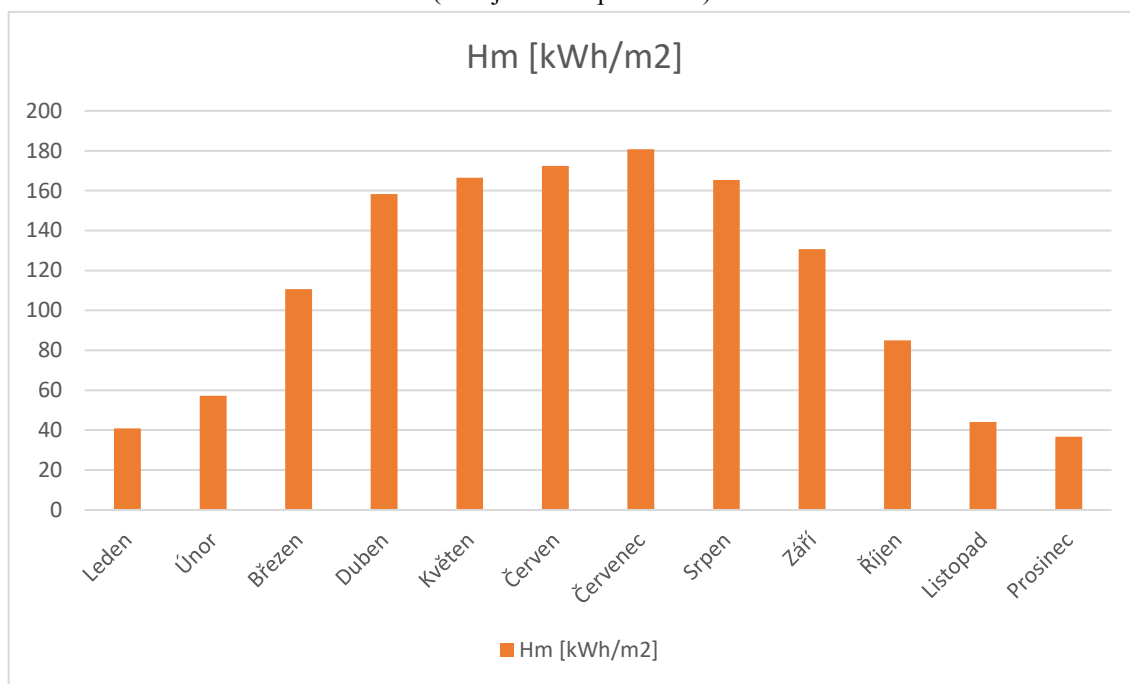
(Zdroj:vlastní zpracování)

Z tabulky plyne že nejvíce energie se vyrobí v měsících duben, Květen, Červen, Červenec, Srpen. Hodnota vyrobené energie je pouze teoretická.



Graf 2 – Vyrobená energie během roku

(Zdroj:vlastní zpracování)



Graf 1- Průměrná měsíční intenzita během roku

(Zdroj:vlastní zpracování)

4.1.1 Energetické potřeby rodinného domu

Fotovoltaika bude využívána ve firemním objektu, kde se pohybuje dohromady 5 zaměstnanců. Dům je dvoupatrový, bez sklepních prostorů, střecha je členitá a orientovaná na více stran. Solární panelů přijdou na střechu orientovanou na jih se sklonem 25 stupňů. Část střechy, na které budou umístěné solární panely má rozměr 12.7 x 5.32 m. Využitelná plocha je tedy 67.5 m².

Vyrobená energie bude využita pouze na svícení a pár elektrospotřebičů. Celková spotřeba za rok je 4539 kWh.

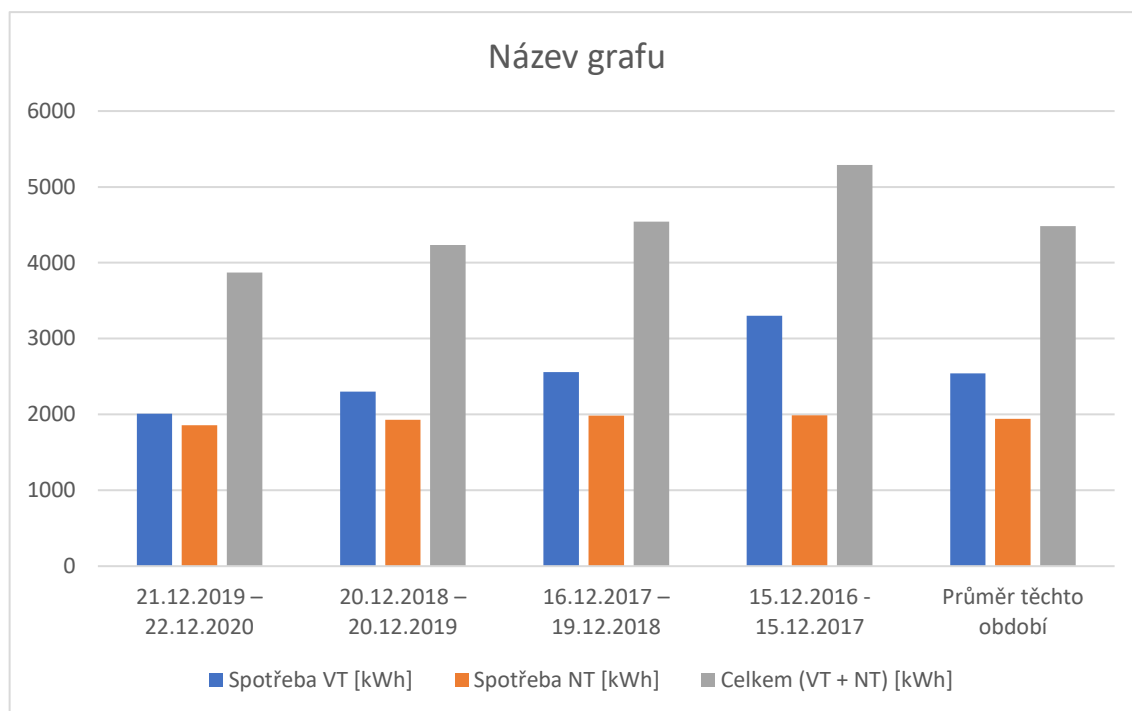
Ohřev vody, topení a další věci jsou zajišťovány bojlerem umístěným dole ve skladu. Tudíž není potřeba takové velké množství solárních panelů a není potřeba ani baterie. Celá fotovoltaická elektrárna bude sloužit k výrobě energie, která se spotřebovává ke svícení ve firemním objektu.

V budově se svítí od 8 do 16-17.00. Provoz je pondělí až pátek. O víkendu se netopí ani nesvítí.

| Fakturační období | Spotřeba VT [kWh] | Spotřeba NT [kWh] | Celkem (VT + NT) [kWh] |
|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| 21.12.2019 – 22.12.2020 | 2012 | 1860 | 3872 |
| 20.12.2018 – 20.12.2019 | 2303 | 1930 | 4233 |
| 16.12.2017 – 19.12.2018 | 2560 | 1984 | 4544 |
| 15.12.2016 - 15.12.2017 | 3300 | 1991 | 5291 |
| Průměr těchto období | 2543,75 | 1941,25 | 4485 |

Tabulka 10 - Spotřeba elektřiny firemního objektu během několika let

(Zdroj:vlastní zpracování)



Graf 3 - Grafické znázornění spotřeby elektřiny během několika let

(Zdroj:vlastní zpracování)

4.1.2 Pořizovací náklady

Náklady potřebné pro vybudování FVE uvedené v tabulce 11 tvoří rozpočet obsahující základní finanční položky pro FVE na firemní objekt. Ceny obsažené v tabulce pocházejí z rozpočtu vytvořeným firmou Renerga. Většinu komponentů můžeme však bez problému najít na internetu. Ceny jsou dány pro květen 2021. Při součtu obou vyčíslených nákladů získáme celkové pořizovací náklady, které dosahují orientační částky 148 112,53 Kč.

| Popis položky | Počet | Jednotka | Jednotková cena | Cena celkem bez DPH |
|--|-------|----------|-----------------|---------------------|
| FVE 3,6 kWp, orientační roční výroba cca 4,2 MWh | | | | |
| Materiál: | | | | 85 907,05 Kč |

| | | | | |
|---|---|-----|--------------|----------------------|
| FV panel 450Wp JASolar JAM72S30 450Wp Hmotnost 24,7 kg Rozměry 2112x1052x35 mm | 8 | ks | 3 616,25 Kč | 28 930,00 Kč |
| Síťový měnič 4 kW, 3x230/400 V GoodWe GW4000 DT Max výkon FVE DC 5,2 kWp Max výkon AC 4 kW / 4 kVA Krytí IP65 Hmotnost 24 kg, rozměry 516x455x192 mm | 1 | ks | 22 368,75 Kč | 22 368,75 Kč |
| Wattrouter ECO WRE 01/06/14-ECO – regulátor pro optimalizaci vlastní spotřeby z FVE (4x SSR výstupů pro tepelné spotřebiče, 2x relé kontakt) Měření max 3x20A | 1 | ks | 4 408,30 Kč | 4 408,30 Kč |
| Hliníková konstrukce pro FV panely na šikmou střechu, střešní krytina pálená taška | 8 | ks | 1 150,00 K | 9 200,00 Kč |
| AC, DC rozvaděče vč. výzbroje | 1 | kpl | 15 000,00 Kč | 15 000,00 Kč |
| Kabely DC, AC, datové | 1 | kpl | 1 000,00 Kč | 1 000,00 Kč |
| Montážní práce: | | | | 21 500,00 Kč |
| Montáž hliníkové konstrukce a FV panelů, venkovní kabeláž | 1 | kpl | 7 000,00 Kč | 7 000,00 Kč |
| Vnitřní montáž (montáž kabelových tras, rozvaděčů, měničů) | 1 | kpl | 7 000,00 Kč | 7 000,00 Kč |
| Úprava rozvaděče měření | 1 | kpl | 2 000,00 Kč | 2 000,00 Kč |
| Spuštění a nastavení FVE | 1 | kpl | 2 000,00 Kč | 2 000,00 Kč |
| Revize, kontrola | 1 | | 3 500,00 Kč | 3 500,00 Kč |
| Ostatní: | | | | 3 000,00 K |
| Zdvihací práce | 1 | kpl | 1 000,00 Kč | 1 000,00 Kč |
| Doprava | | | 1 000,00 Kč | 1 000,00 Kč |
| Zaškolení obsluhy | | | 1 000,00 Kč | 1 000,00 Kč |
| Projekční a administrativní práce | | | | 12 000,00 Kč |
| projektová dokumentace realizační + skutečného provedení (DPS+DSPS) | 1 | kpl | 8 000,00 Kč | 8 000,00 Kč |
| Kooperace při vyřízení administrativy (licence, připojení k DS) | 1 | kpl | 4 000,00 Kč | 4 000,00 Kč |
| Cena bez DPH: | | | | 122 407,05 Kč |
| DPH 21 % | | | | 25 705,48 Kč |
| Cena celkem vč. DPH: | | | | 148 112,53 Kč |

Tabulka 11 – Celkové pořizovací náklady

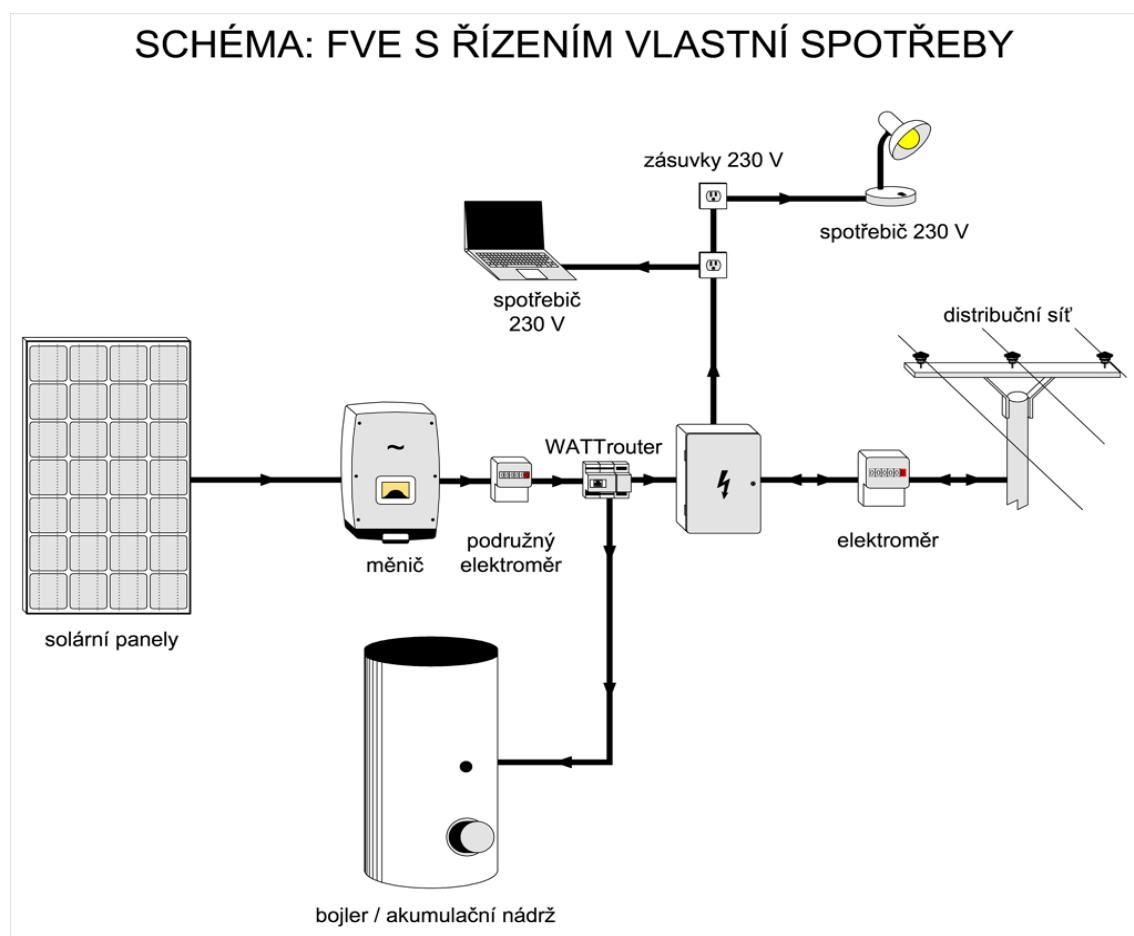
(Zdroj: vlastní zpracování)

4.2 Způsob zapojení

Pro danou fotovoltaickou elektrárnu bude nejvhodnější, když bude zapojena do vnitřní instalace domu. Výhodu to má vtom, že přetoky budou putovat do distribuční sítě.

Dotace nebudou poskytnuty z důvodu současné situace, kdy jsou poskytovány pouze pro rodinné domy a ne firmy. Tím pádem musíme uhradit celou částku za elektrárnu.

Na obr. 30 je příklad takového zapojení, až na bojler je všechno stejné a přebytek putuje do distribuční sítě a zbytek do světel a spotřebičů.



Obrázek 32 – FVE s řízením vlastní spotřeby

(Zdroj:32)

5 Ekonomické vyhodnocení

Model bude počítat v průběhu dvaceti let z důvodu životnosti a opotřebení panelů a dalších součástí fotovoltaické elektrárny. Po uplynutí této doby jsou často zapotřebí výměny panelů a opravy. Uhrazení bude zapláceno v hotovosti.

- Celková cena (investice) - 148 112,53 Kč
- Spotřeba a přetoky – 80 % a po všechny zbylé roky stejná hodnota. Přetoky zbytek.
- Průměrná roční výroba – 4200 kWh
- Nákupní cena VT – 4,57 Kč
- Nákupní cena NT – 20,07 Kč
- Náklady spojené s údržbou a provozem – 1500 Kč
- Diskontní sazba – 2,8 %

Nejvýhodnější diskontní sazbu pro firmy jsem našel 2,8 %.

| Rok | Výroba [kWh/ rok] | Spotřeba vyrobené elektriny [kWh] | Spotřeba VT [kWh] | Spotřeba NT [kWh] | Přetoky do DS [kWh] | Úspora šetřením | Příjem z přetoků | Příjem celkem |
|-----|-------------------------|--|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------|------------------|
| 1 | 4200 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 840 | 12499,20 | 168 Kč | 12667,20 |
| 2 | 4158 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 798 | 12499,20 | 160 Kč | 12658,80 |
| 3 | 4116,42 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 756,42 | 12499,20 | 151 Kč | 12650,48 |
| 4 | 4075,26 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 715,26 | 12499,20 | 143 Kč | 12642,25 |
| 5 | 4034,5 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 674,50 | 12499,20 | 135 Kč | 12634,10 |
| 6 | 3994,16 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 634,16 | 12499,20 | 127 Kč | 12626,03 |
| 7 | 3954,22 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 594,22 | 12499,20 | 119 Kč | 12618,04 |
| 8 | 3914,67 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 554,67 | 12499,20 | 111 Kč | 12610,13 |
| 9 | 3875,53 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 515,53 | 12499,20 | 103 Kč | 12602,31 |
| 10 | 3836,77 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 476,77 | 12499,20 | 95 Kč | 12594,55 |
| 11 | 3798,4 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 438,40 | 12499,20 | 88 Kč | 12586,88 |
| 12 | 3760,42 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 400,42 | 12499,20 | 80 Kč | 12579,28 |
| 13 | 3722,82 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 362,82 | 12499,20 | 73 Kč | 12571,76 |
| 14 | 3685,59 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 325,59 | 12499,20 | 65 Kč | 12564,32 |
| 15 | 3648,73 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 288,73 | 12499,20 | 58 Kč | 12556,95 |
| 16 | 3612,25 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 252,25 | 12499,20 | 50 Kč | 12549,65 |
| 17 | 3576,12 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 216,12 | 12499,20 | 43 Kč | 12542,42 |
| 18 | 3540,36 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 180,36 | 12499,20 | 36 Kč | 12535,27 |

| | | | | | | | | |
|----|---------|------|--------|--------|--------|----------|-------|----------|
| 19 | 3504,96 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 144,96 | 12499,20 | 29 Kč | 12528,19 |
| 20 | 3469,91 | 3360 | 2217,6 | 1142,4 | 109,91 | 12499,20 | 22 Kč | 12521,18 |

Tabulka 12 – Přehled příjmů během 20 let provozu

(Zdroj:vlastní zpracování)

Vzorce:

Spotřeba vyrobené elektřiny= Výroba*0,8 (hodnoty v následujících letech jsou konstantní)

Spotřeba VT = Spotřeba vyrobené elektřiny*0,66

Spotřeba NT = Spotřeba vyrobené elektřiny*0,34

Úspora šetřením = (Spotřeba VT*Cena VT) + (Spotřeba NT* Cena NT)

| Rok | Příjmy | Výdaje | Cash Flow | DCF | KDCF |
|-----|---------|----------|-----------|----------|------------|
| 1 | 12667,2 | 1 500 Kč | 11167,20 | 10863,04 | -137248,96 |
| 2 | 12658,8 | 1 500 Kč | 11158,80 | 10559,21 | -126689,76 |
| 3 | 12650,5 | 1 500 Kč | 11150,48 | 10263,94 | -116425,82 |
| 4 | 12642,3 | 1 500 Kč | 11142,25 | 9977,01 | -106448,81 |
| 5 | 12634,1 | 1 500 Kč | 11134,10 | 9698,16 | -96750,64 |
| 6 | 12626 | 1 500 Kč | 11126,03 | 9427,17 | -87323,47 |
| 7 | 12618 | 1 500 Kč | 11118,04 | 9163,82 | -78159,65 |
| 8 | 12610,1 | 1 500 Kč | 11110,13 | 8907,88 | -69251,77 |
| 9 | 12602,3 | 1 500 Kč | 11102,31 | 8659,15 | -60592,62 |
| 10 | 12594,6 | 1 500 Kč | 11094,55 | 8417,41 | -52175,21 |
| 11 | 12586,9 | 1 500 Kč | 11086,88 | 8182,48 | -43992,73 |
| 12 | 12579,3 | 1 500 Kč | 11079,28 | 7954,16 | -36038,57 |
| 13 | 12571,8 | 1 500 Kč | 11071,76 | 7732,26 | -28306,32 |
| 14 | 12564,3 | 1 500 Kč | 11064,32 | 7516,59 | -20789,72 |
| 15 | 12557 | 1 500 Kč | 11056,95 | 7306,99 | -13482,73 |
| 16 | 12549,7 | 1 500 Kč | 11049,65 | 7103,28 | -6379,45 |
| 17 | 12542,4 | 1 500 Kč | 11042,42 | 6905,28 | 525,83 |
| 18 | 12535,3 | 1 500 Kč | 11035,27 | 6712,85 | 7238,68 |
| 19 | 12528,2 | 1 500 Kč | 11028,19 | 6525,82 | 13764,50 |
| 20 | 12521,2 | 1 500 Kč | 11021,18 | 6344,04 | 20108,53 |

Tabulka 13 – Výpočtení doby návratnosti

(Zdroj:vlastní zpracování)

Příjem z přetoků = Přetoky do DS* Výkupní cena

Příjem celkem = Příjem z přetoků + Úspora šetřením

Vzorce:

Výdaje = Revize+ Údržba

Cash Flow = Příjmy – Výdaje

$$DCF = \frac{CF}{(1+d)^t}$$

$$KDCF = -Investice \sum_{t=0}^{24} DCF_t$$

Vysvětlení zkratk:

CF – cash flow

DCF – diskontovaný cash flow

KDCF – kumulovaný diskontovaný cash flow

Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabýval návrhem fotovoltaické elektrárny na firemní objekt. Práce má dvě hlavní části, a to teoretickou a praktickou. V teoretické části jsem popsal, jak můžeme sluneční energii získat a nadále využívat v různých formách dle potřeby.

Praktická část zahrnovala návrh fotovoltaické elektrárny o výkonu 3,6 kWh. Zjistili jsme jaká je roční spotřeba firemního objektu a že firma elektřinu využívá výhradně jen pro osvětlení. Jelikož spotřeba elektrické energie za rok u firemního objektu nebyla vysoká a budova byla v provozu od pondělí do pátku v časech 8:00 – 17:00. Nebyl zapotřebí fotovoltaický systém využívající baterii a přetok se odvádí do distribuční sítě. Velikost přetoků je 20 %. Na tento projekt nebyla možná dotace skrz to, že se jedná o firmu a v této době se firemní objekty nedotují. Tudíž jsme museli celou částku uhradit.

Nejdůležitější komponenty jsou panely od firmy JASolar, jedná se zároveň o nejdražší z komponentů. Cena je 28 930,00 Kč. A následně druhý nejdůležitější komponent síťový měnič od firmy GoodWe s cenou 22 368,75 Kč. Celková cena se všemi vodiči a dalšími věcmi dosáhla 148 112,53 Kč.

V ekonomickém vyhodnocení jsme zjistili, že se nám fotovoltaická elektrárna zaplatí až v 17. roce provozu. Dosáhli jsme tedy závěru, že investice se nám sice vrátí, ale až za velmi dlouhou dobu a za mě bych tento systém momentálně neinstaloval a počkal, až budou možné dotace i na firemní objekty. To by urychlilo celou návratnost o několik let a už by se dalo přemýšlet, že by daný návrh byl schválen.

Použité zdroje

- [1] *Co je solární energie a jak ji doma využít? Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/chytra-domacnost/jak-vyuzivat-solarni-energii/co-je-solarni-energie-a-jak-ji-doma-vyuzit>
- [2] ŠKORPÍK, Jiří. Sluneční záření jako zdroj energie. *Transformační technologie* [online]. 2006-2009 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.transformacni-technologie.cz/02.html>
- [3] LINHART, Jakub. *Návrh systému FVE pro rodinný dům* [online]. Praha, 2017 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/66836/F3-BP-2017-Linhart-Jakub-Navrh_systemu_FVE_pro_rodinny_dum.pdf?sequence=1.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické. Vedoucí práce Ing. Jiří Vasíček.
- [4] VLČEK, Josef. *Automatické vyhodnocování spektra slunečního záření* [online]. Brno, 2015 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=103128. Diplomová práce. Vysoké učení technické.
- [5] VOHNICKÝ, Aleš. Racionální využití sluneční energie. *Tzbinfo* [online]. 2004 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/2072-racionalni-vyuziti-slunecni-energie>
- [6] Využití solární energie. *Solární-energie.info* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.solarni-energie.info/vyuziti.php>
- [7] Pasivní využívání sluneční energie. *Abs-portal* [online]. 2009 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/okna-dvere/zaluzie-a-rolety/pasivni-vyuzivani-slunecni-energie>
- [8] UNGEROVÁ, Marína. Solární architektura. *Abs-portal* [online]. 2011 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/architektura/rodinne-domy/nizkoenergeticke-domy-rodinne-domy/solarni-architektura>

- [9] JANKŮJ, Tomáš. *Energetické řešení rodinného domu s využitím solární energie* [online]. Brno, 2017 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=149640. Bakalářská práce. Vysoké učení technické. Vedoucí práce Ing. Ján Poláček.
- [10] Proč solární ohřev vody. *Regulus* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://m.regulus.cz/cz/solarni-systemy>
- [11] Solární kolektory: Princip solárního kolektoru. *Cez* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k21.htm>
- [12] Co je solární tepelná elektrárna. *Klimaskeptik* [online]. 2011 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.klimaskeptik.cz/news/co-je-solarni-tepelna-elektrarna/>
- [13] VOBOŘIL, David. Fotovoltaické elektrárny: princip funkce a součásti, elektrárny v ČR. *O energetice* [online]. 2016 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje-energie/fotovoltaicka-elektrarna-princip-funkce-a-soucasti>
- [14] LUKÁŠEK, Kamil. *Stav fotovoltaiky v České republice* [online]. Brno, 2015 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=100617. Diplomová práce. Vysoké učení technické. Vedoucí práce Ing. Jiří Vaněk.
- [15] CINGEL, Štefan. *Malá fotovoltaická elektrárna na rodinném domě* [online]. Brno, 2018 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=

172772. Diplomová práce. Vysoké učení technické. Vedoucí práce Ing. Jiří Vaněk.

- [16] KOLEKTIV AUTORŮ. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich využití pro ČR* [online]. 2007. Praha: ČEZ, a. s., 2007 [cit. 2016-09-02]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne_zdoje_energie_a_moznosti_jejich_vyuziti_pro_cr.pdf
- [17] Servis a údržba. *Termsenergy* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <http://www.termsenergy.cz/sluzby/servis-a-udrzba>
- [18] Využití termovize pro testování fotovoltaických panelů a elektráren. *Estav* [online]. 2016 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3340.vyuziti-termovize-pro-testovani-fotovoltaickych-panelu-a-elektren>
- Ztráty a rizika provozu fotovoltaické elektrárny. *Nazeleno* [online]. 2011 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/fotovoltaika/ztraty-a-rizika-provozu-fotovoltaicke-elektarny.aspx>
- [19] Sluneční energie: Způsob, jak zlevnit vaše účty za elektřinu. *Porovnej24* [online]. 2021 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.porovnej24.cz/clanky/slunecni-energie>
- [20] Kolik stojí domácí solární elektrárna. *Nazeleno* [online]. 2019 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/fotovoltaika-1/domaci-solarni-elektarna-kolik-stoji-vyplati-se.aspx>
- [21] Ostrovní fotovoltaické systémy. *Enerfinplus* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.enerfinplus.cz/ostrovní-systémy.html>

- [22] JAVŮREK, Karel. Největší solární tepelná elektrárna na světě byla spuštěna. *Živě.cz* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/nejvetsi-solarni-tepelna-elektrarna-na-svete-byla-spustena/sc-3-a-172488/default.aspx>
- [23] Druhy systémů. *Envienergyczech* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.envienergyczech.cz/druhy-systemu>
- [24] Fotovoltaika-monokrystalu nebo polykrystalu. *Všeľektro* [online]. 2020 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.vselektro.eu/fotovoltaika-monokrystal-nebo-polykrystal/>
- [25] Hybridní fotovoltaický systém. *Solarenavi* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.solarenavi.cz/a-7-hybridni-fotovoltaicky-system.html>
- [26] Fotovoltaické systémy: Proč fotovoltaika. *Restyl* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.restyl.cz/energy/fotovoltaicke-systemy/>
- [27] Harvest the sunshine. *JASolar* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.jasolar.com.cn/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=67>
- [28] Ostrovní fotovoltaické systémy. *Enerfinplus* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.enerfinplus.cz/ostrovni-systemy.html>
- [29] GoodWe GW4000-DT. *Sticka* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <http://www.sticka.cz/kategorie/menice-dc-ac/goodwe/goodwe-3f-2x-mppt/goodwe-gw4000-dt/>

- [30] Regulátory WATTrouter a příslušenství. *Solarcontrols* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: https://solarcontrols.cz/cz/shop_watrouter.html
- [31] MATAJS, Vladimír. Jak funguje střešní fotovoltaická elektrárna. *Solarniexperti* [online]. 2018 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-stresni-fotovoltaicka-elektrarna/>
- [32] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). *EU SCIENCE HUB* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>

Seznam použitých obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 - Sluneční záření v ČR | 2 |
| Obrázek 2 - Parametry zahrnující Slunce a Zemi | 3 |
| Obrázek 3 – Spektrum slunečního záření | 4 |
| Obrázek 4 – Přímá metoda..... | 6 |
| Obrázek 5 – Nepřímá metoda | 6 |
| Obrázek 6 – Dopad záření | 10 |
| Obrázek 7 – Konstrukce solárního panelu | 10 |
| Obrázek 8 – Dopad a úhel na jižní straně | 10 |
| Obrázek 9 – Panely na jižní straně a sklon dopadu záření..... | 11 |
| Obrázek 10 – Solární tepelná elektrárna | 12 |
| Obrázek 11 – Typy solárních panelů | 14 |
| Obrázek 12 – Systém s přímým napájením | 17 |
| Obrázek 13 – Systém s akumulací elektrické energie | 18 |
| Obrázek 14 – Hybridní fotovoltaický systém | 19 |
| Obrázek 15 – Grid-on systém | 19 |
| Obrázek 16 - Termografické měření..... | 21 |
| Obrázek 17 – Popraskaný povrch solárního panelu..... | 22 |
| Obrázek 18 – Spálený konektor..... | 23 |
| Obrázek 19 – Znázornění lokace firemního objektu | 24 |
| Obrázek 20 - Severní pohled na firemní objekt..... | 26 |
| Obrázek 21 – Východní pohled na firemní objekt..... | 26 |
| Obrázek 22 – Jižní pohled na firemní objekt..... | 27 |
| Obrázek 23 – Rozměry jižní části střechy | 28 |
| Obrázek 24 – Grafické znázornění solárních panelů (vlastní zpracování) | 28 |
| Obrázek 25 - Nákres střechy na jižní straně | 29 |
| Obrázek 26 – Pohled na firemní objekt – výkresová dokumentace | 29 |
| Obrázek 27 – Grafické znázornění rozměrů panelu | 33 |
| Obrázek 28 – Vyobrazení napětí panelu | 33 |
| Obrázek 29 – měnič napětí | 34 |
| Obrázek 30 – Regulátor optimalizace spotřeby | 36 |
| Obrázek 31 – Schéma fotovoltaické elektrárny | 37 |
| Obrázek 32 – FVE s řízením vlastní spotřeby | 44 |

Seznam použitých tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1 – Druhy materiálů použitých na solární panely | 15 |
| Tabulka 2 – sluneční doba svitu | 25 |
| Tabulka 3 – Mechanické vlastnosti panelů | 31 |
| Tabulka 4 – Elektrické vlastnosti panelů | 31 |
| Tabulka 5 – Všeobecné vlastnosti panelů | 32 |
| Tabulka 6 – Tepelné vlastnosti | 32 |
| Tabulka 7 – Parametry měniče napětí | 35 |
| Tabulka 8 – Parametry regulátoru | 36 |
| Tabulka 9 – Předpokládaný výkon FVE při výkonu 3,6 kWh..... | 39 |
| Tabulka 10 - Spotřeba elektřiny firemního objektu během několika let | 41 |
| Tabulka 11 – Celkové pořizovací náklady | 43 |
| Tabulka 12 – Přehled příjmů během 20 let provozu..... | 46 |
| Tabulka 13 – Výpočet doby návratnosti | 47 |

Seznam použitých grafů

| | |
|---|----|
| Graf 1 - Průměrná měsíční intenzita během roku | 40 |
| Graf 2 – Vyrobená energie během roku..... | 40 |
| Graf 3 - Grafické znázornění spotřeby elektřiny během několika let..... | 42 |

Přílohy

| Položkový rozpočet | | | | |
|---|-------|---|-----------------|---------------------|
| Název projektu: | | RENOGLOB, Kuchařovice, FVE | | |
| Investor: | | RENOGLOB s.r.o. 8.Května 168 669 02 Kuchařovice | | |
| o., Mičurinova 1752/9, Znojmo 669 02 info@renerga.cz, +420 724 328 939 | | | | |
| Popis položky | Počet | Jednotka | Jednotková cena | Cena celkem bez DPH |
| FVE 3,6 kWp, orientační roční výroba cca 4,04 MWh | | | | |
| Materiál: | | | | 85 907,05 Kč |
| FV panel 450Wp JASolar JAM72S30 450Wp Hmotnost 24,7 kg Rozměry 2112x1052x35 mm | 8 | ks | 3 616,25 Kč | 28 930,00 Kč |
| Síťový měnič 4 kW, 3x230/400V GoodWe GW4000 DT Max výkon FVE DC 5,2 kWp Max výkon AC 4 kW / 4 kVA Krytí IP65 Hmotnost 24 kg, rozměry 516x455x192 mm | 1 | ks | 22 368,75 Kč | 22 368,75 Kč |
| Wattrouter ECO WRE 01/06/14-ECO - regulátor pro optimalizaci vlastní spotřeby z FVE (4x SSR výstupů pro tepelné spotřebiče, 2x relé kontakt) Měření max 3x20A | 1 | ks | 4 408,30 Kč | 4 408,30 Kč |
| Hliníková konstrukce pro FV panely na šikmou střechu, střešní krytina pálená taška | 8 | ks | 1 150,00 Kč | 9 200,00 Kč |
| AC, DC rozvaděče vč. výzbroje | 1 | kpl | 15 000,00 Kč | 15 000,00 Kč |
| Kabely DC, AC, datové | 1 | kpl | 5 000,00 Kč | 5 000,00 Kč |
| Ostatní pomocný materiál (lišty, kabelové žlaby, dutinky, lisovací oka, spojovací materiál, stahovací pásky, bezp. tabulky) | 1 | kpl | 1 000,00 Kč | 1 000,00 Kč |
| Montážní práce: | | | | 21 500,00 Kč |
| Montáž hliníkové konstrukce a FV panelů, venkovní kabeláž | 1 | kpl | 7 000,00 Kč | 7 000,00 Kč |
| Vnitřní montáž (montáž kabelových tras, rozvaděčů, měničů) | 1 | kpl | 7 000,00 Kč | 7 000,00 Kč |
| Úprava rozvaděče měření | 1 | kpl | 2 000,00 Kč | 2 000,00 Kč |
| Spuštění a nastavení FVE | 1 | kpl | 2 000,00 Kč | 2 000,00 Kč |
| Revize, kontrola | 1 | kpl | 3 500,00 Kč | 3 500,00 Kč |
| Ostatní: | | | | 3 000,00 Kč |
| Zdvíhací práce | 1 | kpl | 1 000,00 Kč | 1 000,00 Kč |
| Doprava | 1 | kpl | 1 000,00 Kč | 1 000,00 Kč |
| Zaškolení obsluhy | 1 | kpl | 1 000,00 Kč | 1 000,00 Kč |
| Projekční a administrativní práce | | | | 12 000,00 Kč |
| Projektová dokumentace realizační + skutečného provedení (DPS+DSPS) | 1 | kpl | 8 000,00 Kč | 8 000,00 Kč |
| Kooperace při vyřízení administrativy (licence, připojení k DS) | 1 | kpl | 4 000,00 Kč | 4 000,00 Kč |
| Cena bez DPH: | | | | 122 407,05 Kč |
| DPH 21% | | | | 25 705,48 Kč |
| Cena celkem vč. DPH: | | | | 148 112,53 Kč |



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

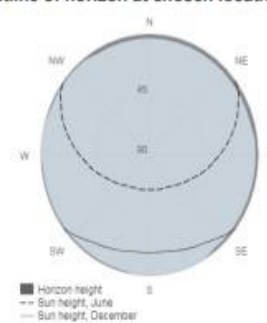
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 48.875, 16.078
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 3.6 kWp
 System loss: 10 %

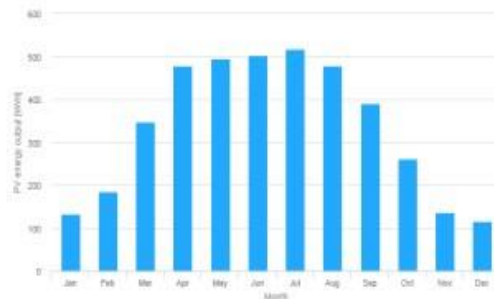
Simulation outputs

Slope angle: 25 °
 Azimuth angle: 12 °
 Yearly PV energy production: 4040.84 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1348.39 kWh/m²
 Year-to-year variability: 230.76 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -3.14 %
 Spectral effects: 1.44 %
 Temperature and low irradiance: -5.86 %
 Total loss: -16.76 %

Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

| Month | E_m | H(i)_m | SD_m |
|-----------|-------|--------|------|
| January | 131.9 | 40.9 | 30.8 |
| February | 184.4 | 57.2 | 58.5 |
| March | 347.3 | 110.7 | 65.8 |
| April | 479.0 | 158.3 | 65.1 |
| May | 494.8 | 166.4 | 69.4 |
| June | 502.0 | 172.4 | 33.8 |
| July | 517.4 | 180.8 | 66.2 |
| August | 479.0 | 165.4 | 41.6 |
| September | 390.5 | 130.7 | 44.9 |
| October | 261.1 | 84.9 | 67.2 |
| November | 137.0 | 44.0 | 24.7 |
| December | 116.6 | 36.7 | 18.0 |

E_m: Average monthly electricity production from the given system [kWh].

H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].